

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Charles Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TROISIÈME PÉRIODE

TOME DIXIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE

GEORGES BRIDEL

Place de la Louve, 1

PARIS

G. MASSON

Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1883

VÉRIFICATION

DE

QUELQUES POIDS ATOMIQUES

PREMIER MÉMOIRE

BISMUTH, MANGANÈSE

PAR

M. C. MARIGNAC

Les travaux faits, depuis bien des années déjà, sur les terres de la Cérite et de la Gadolinite, nous ont appris qu'il existe des groupes d'oxydes métalliques tellement semblables par toutes leurs propriétés chimiques qu'il est presque impossible de les séparer les uns des autres et que leur existence propre ne se manifeste guère que lorsqu'il y a entre eux quelque différence dans leurs propriétés physiques, particulièrement dans leur coloration. C'est la différence de couleur des oxydes de lanthane, de didyme et de cérium, celle de l'ytria, de l'erbine et de la terbine qui a fait découvrir par Mosander l'existence de ces deux groupes d'oxydes. La distinction de l'erbine et de l'ytterbine n'aurait peut-être pas été faite si l'une de ces terres n'avait pas eu une coloration propre.

Ne serait-il point possible que d'autres oxydes métalliques, même parmi ceux qui sont le mieux connus, ne fussent également que des mélanges de plusieurs corps excessivement voisins les uns des autres et dont l'existence ne se serait pas manifestée par suite de l'absence de coloration ou d'une différence dans leur coloration.

L'exemple des terres citées ci-dessus nous montre cependant qu'il existe en général entre les oxydes qui offrent la plus grande analogie de propriétés, une différence chimique importante, celle de leurs poids atomiques. Il nous apprend aussi que, s'il paraît impossible de trouver des méthodes propres à les séparer complètement les uns des autres, il est facile cependant de faire varier, dans un sens déterminé, leurs proportions relatives dans le mélange qui les renferme, en le soumettant à un traitement par des précipitations successives. Il semble même, dans la plupart des cas, qu'il importe peu d'employer dans ce but une méthode ou une autre. Que l'on traite par exemple le mélange de terres extraites de la gadolinite par des précipitations successives par l'ammoniaque, ou par l'acide oxalique dans des liqueurs acides, ou par le sulfate de potasse, ou par la décomposition fractionnée des azotates par la chaleur, les séparations ne se font pas d'une manière beaucoup plus complète dans un cas que dans un autre, les variations qu'éprouvent les poids atomiques des divers produits successifs sont à peu près du même ordre.

Ces considérations m'ont engagé à soumettre quelques-uns des oxydes métalliques à de pareils essais de précipitations successives et à constater s'il n'en résulterait point quelque variation progressive dans leurs poids atomiques indiquant la présence de deux corps distincts dans un oxyde réputé unique.

Sans doute, on objectera que de pareils procédés ont dû souvent être employés pour la purification de ces oxydes par les chimistes qui se sont proposé de déterminer leurs poids atomiques et qu'ils se seraient aperçus des variations qui auraient pu en résulter. Cependant, ces procédés n'ont pas toujours été employés dans ce but; d'ailleurs, on conçoit que si l'attention ne s'est pas portée spécialement sur ce point, on ait pu considérer ces variations, dans le cas où elles se seraient réellement produites, comme résultant simplement d'une élimination de plus en plus complète de quelques principes étrangers dont ces procédés avaient précisément pour but de débarrasser l'oxyde dont on voulait déterminer le poids atomique.

En conséquence, je n'ai pas cru qu'il fût sans intérêt de tenter quelques essais dans cette direction, et lors même qu'ils n'ont donné que des résultats négatifs, leur publication ne sera-t-elle pas complètement inutile, puisqu'ils serviront en tout cas à contrôler les poids atomiques des éléments sur lesquels j'ai opéré.

Quant au choix que j'ai fait de certains oxydes pour faire ou au moins pour commencer sur eux ces essais, j'ai été dirigé par deux considérations : la possibilité de déterminer leurs poids atomiques par des méthodes suffisamment exactes et ne présentant pas une trop grande difficulté, et les discordances qui pouvaient exister entre des déterminations antérieures offrant cependant de grandes garanties d'exactitude.

Au moment de publier ces observations, j'ai hésité sur le choix du système de poids atomiques que j'adopterais. Nous en avons trois, en effet, dont chacun a de nombreux partisans et que l'on peut désigner par les symboles suivants : $H = 1$, $O = 1$ ou 100, et $O = 16$.

Le premier soulève une objection grave. L'oxygène est le seul élément pour lequel on ait pu déterminer directement le rapport de son poids atomique à celui de l'hydrogène, rapport qui paraît être celui de 15,96 : 1. Pour tous les autres éléments, les poids atomiques sont déterminés par rapport à celui de l'oxygène, soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres éléments comme le chlore, le soufre, etc., rapportés déjà eux-mêmes à l'oxygène. Il en résulte que, dans ce système, la détermination de chaque poids atomique est affectée de deux erreurs au moins. Le rapport de l'oxygène à l'hydrogène a été établi sans doute par les plus habiles expérimentateurs; cependant, il exige des expériences si difficiles que l'on ne peut affirmer qu'il n'ait à subir aucune modification. S'il en était ainsi, il en résulterait nécessairement un changement de tous les poids atomiques.

Ces inconvénients me paraissent de nature à exclure ce système. Cependant il présente des avantages incontestables au point de vue pratique. Si les travaux de M. Stas ont établi qu'il est impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, d'admettre l'existence rigoureuse de rapports simples entre le poids atomique de l'hydrogène et ceux de la plupart des autres éléments, ils confirment cependant le fait signalé par tant d'autres chimistes que, dans la plupart des cas, ces rapports s'en rapprochent tellement qu'on peut, dans la plupart des calculs, faire abstraction de ces différences. Le choix de l'hydrogène pour unité permet donc de représenter un nombre relativement considérable de poids atomiques par les nombres entiers les plus simples possibles, avec une approximation suffisante pour les calculs chimiques les plus fréquents. Qu'on remarque surtout que les poids ainsi calculés sont

presque rigoureusements exacts pour les principaux éléments des substances organiques. Il me semble douteux que les chimistes qui publient des mémoires sur les combinaisons organiques et qui représentent certainement plus des neuf dixièmes de la littérature chimique actuelle, consentent à renoncer à un système si commode pour eux.

Rapporter les poids atomiques de tous les corps à celui de l'oxygène, représenté lui-même, soit par le nombre 100 comme on le faisait autrefois, soit par 1 comme plusieurs chimistes l'ont proposé récemment, serait certainement plus logique, puisque ces rapports sont précisément ceux que l'expérience détermine le plus directement. Mais, par les raisons indiquées ci-dessus, je doute que la grande majorité des chimistes soit disposée à revenir à cet ancien système. Les poids atomiques, calculés sur cette base, sont représentés par des nombres trop grands pour $O = 100$, ou accompagnés d'une partie décimale trop compliquée si $O = 1$, pour pouvoir se fixer facilement dans la mémoire; ils compliquent d'ailleurs inutilement tous les calculs des réactions chimiques pour les cas les plus fréquents où l'on n'a pas besoin de les pousser jusqu'à la dernière limite de l'exactitude. L'abandon presque unanime de cet ancien système ne permet pas de croire que les chimistes soient disposés à le reprendre.

Reste le système qui rapporte tous les poids atomiques à celui de l'oxygène représenté lui-même par 16, auquel cas celui de l'hydrogène devient 1,0024, c'est-à-dire 1 pour la pratique habituelle. Il est évident qu'il a tous les avantages pratiques que nous avons reconnus au premier système. Il les possède même à un plus haut degré, car les poids atomiques calculés sur cette base, pour les

corps les plus répandus et les plus importants, et d'après les expériences les plus rigoureuses, se rapprochent en général davantage de nombres entiers que ceux qui sont calculés sur la base de H = 1.

On a objecté que si la loi de Prout n'est pas absolument vraie, et il semble bien qu'il en est réellement ainsi, il n'y a aucune raison pour choisir le nombre 16 comme représentant le poids atomique de l'oxygène, que ce système, par conséquent, ne repose sur aucune base logique. Cela est vrai sans doute, mais puisque les nombres qui expriment les poids atomiques des éléments ne représentent que des rapports, il n'y a pas plus de raison pour adopter pour l'un d'entre eux, pris comme point de départ, le nombre 1 plus que 100 ou 16, et le choix de ce dernier, indifférent comme tout autre au point de vue théorique, se justifie par un argument de la plus grande importance au point de vue pratique : *il permet de représenter les poids atomiques du plus grand nombre possible d'éléments, et surtout des plus importants, par les nombres entiers les plus simples possibles, en s'écartant le moins possible des résultats rigoureux des expériences.*

En conséquence, tous les poids atomiques employés dans ce mémoire sont calculés dans ce système qui, du reste, me paraît être encore celui qui est le plus généralement adopté.

Bismuth.

On admet généralement pour le poids atomique de ce métal le nombre 208, résultant de huit expériences très concordantes exécutées avec le plus grand soin par

M. Schneider [1], par l'oxydation du bismuth par l'acide azotique.

Cependant un savant illustre, M. Dumas [2], a obtenu, par l'analyse du chlorure de bismuth, des nombres supérieurs à 210 (moyenne 210, 26).

Tous les chimistes qui connaissent l'habileté expérimentale de ce savant hésiteraient sans doute entre ces deux déterminations s'il n'y avait pas dans la méthode employée par M. Dumas une cause d'incertitude dont il est difficile d'apprécier l'importance. Il peut se faire en effet que la distillation du chlorure de bismuth, nécessaire pour sa purification, donne naissance à une petite quantité d'oxychlorure qui ne se séparerait point par la rectification.

Quoi qu'il en soit, cette discordance m'a engagé à faire porter mes premières recherches sur ce métal, en profitant de la facilité avec laquelle on peut purifier son oxyde et le partager en une série de produits successifs par la précipitation fractionnée de son azotate par l'eau.

J'ai pris comme point de départ le sous-azotate de bismuth pur, fourni par la maison L. Marquart de Bonn. On n'a guère à craindre, dans un tel produit, que la présence de l'arsenic et de très petites quantités d'autres métaux qui resteront naturellement en dissolution lors de la précipitation de l'azotate par l'eau.

D'après M. Schneider, l'arséniate de bismuth est à peu près insoluble dans une dissolution concentrée et aussi peu acide que possible d'azotate de bismuth. En conséquence, j'ai dissous le sous-azotate dans la plus petite quantité possible d'acide azotique, en en laissant cepen-

[1] *Poggend. Annal.*, 82, 203.
[2] *Ann. de chim. et de phys.* [3], 55, p. 176.

dant une très petite portion non dissoute. Ce résidu, séparé par décantation, a été calciné, puis fondu avec un mélange de carbonate de soude et de soufre. La matière reprise par l'eau et filtrée a donné une solution jaune dans laquelle l'acide chlorhydrique a produit un précipité de soufre dans lequel je n'ai pas trouvé d'arsenic. Il est donc bien probable qu'il n'en existait pas dans la dissolution de l'azotate de bismuth.

Par l'addition d'eau à cette dissolution, on a obtenu un premier précipité de sous-azotate qui a été recueilli sur un filtre, lavé et desséché, il pesait environ 30 grammes.

Ajoutant à la liqueur filtrée une nouvelle et grande quantité d'eau, on a obtenu un second sous-azotate, 40 grammes.

Le volume de la liqueur étant devenu incommode, on l'a concentrée par évaporation de manière à chasser la plus grande partie de l'acide azotique. Versée dans un volume d'eau considérable, elle a produit un troisième sous-azotate, environ 35 grammes.

Enfin, la liqueur a été de nouveau évaporée et chauffée jusqu'à décomposition totale. Le résidu lavé à l'eau bouillante pesait une dizaine de grammes et était formé d'oxyde de bismuth, mais j'ai dû écarter les déterminations de poids atomiques faites sur ce dernier produit, ayant constaté qu'il n'était pas absolument pur. Il contenait une très petite quantité de silice et d'acide sulfurique. Les poids atomiques ont donc été déterminés seulement sur les trois premiers produits, représentant d'ailleurs la presque totalité de la matière employée.

La calcination dans un creuset de porcelaine transforme aisément le sous-azotate en oxyde. La décomposition est complète bien avant le rouge; il est bon cependant de

chauffer assez fortement pour rendre l'oxyde plus cohérent et moins hygrométrique, sans atteindre cependant une trop forte chaleur rouge qui le ramollirait et le ferait adhérer à la porcelaine[1].

J'ai essayé d'abord de déterminer le poids atomique de cet oxyde en le réduisant par l'hydrogène, et bien que cette méthode ne m'ait pas donné des résultats aussi satisfaisants que je l'avais espéré, je décrirai cependant ces expériences, le même appareil m'ayant servi plus tard pour d'autres opérations.

Lorsque la réduction par l'hydrogène peut se faire à une température peu élevée, j'emploie l'appareil très simple suivant qui m'a paru offrir plusieurs avantages.

L'hydrogène est préparé au moyen de zinc distillé et d'acide sulfurique pur dans un de ces appareils, si connus dans les laboratoires, où le gaz se produit incessamment, sous une faible pression, à mesure qu'on le consomme. Quelques gouttes de sulfate de cuivre mises dans l'appareil rendent le dégagement de l'hydrogène très régulier avec le zinc le mieux purifié.

Le gaz traverse un barboteur contenant une solution de sublimé corrosif, un tube rempli de pierre ponce imbibée d'une dissolution concentrée de potasse caustique saturée de litharge et un tube plein de fragments de potasse caustique.

L'appareil de réduction se compose d'un simple tube de verre de Bohême, de 20 à 25 centimètres de longueur, fermé à une extrémité et coudé en son milieu sous

[1] J'ai constaté que l'oxyde ainsi obtenu se dissout dans l'acide chlorhydrique, en présence d'iodure de potassium et d'amidon, sans produire de coloration bleue. Il ne retient donc point de composés nitreux, ni de peroxyde.

la forme d'un V très évasé. Il ne touche aucun support, il est porté par le tube plus étroit qui y amène l'hydrogène. Ce dernier s'y enfonce jusqu'au sommet du coude et le maintient au moyen d'un bouchon de caoutchouc qui peut à volonté, en le poussant plus ou moins, laisser libre issue au gaz ou fermer complètement l'appareil. Il est naturellement disposé le coude en haut, présentant ainsi deux branches légèrement inclinées, l'une postérieure fermée renfermant l'oxyde à réduire, l'autre antérieure, où se condensera la vapeur d'eau, et que l'on peut facilement fermer complètement ou ouvrir en enfonçant plus ou moins le bouchon de caoutchouc que traverse le tube par lequel arrive l'hydrogène. La partie postérieure du tube de réduction peut être introduite dans un fourneau à gaz, tel que celui qu'on emploie pour les analyses organiques, mais qui peut être très court.

La marche de l'opération est la suivante :

Après avoir pesé le tube à réduction, on le chauffe et, au moyen d'un entonnoir dont le col allongé pénètre jusqu'au coude de ce tube, et que l'on a préalablement chauffé, on introduit l'oxyde métallique chaud. Dans ces conditions, l'oxyde tombe facilement au fond du tube sans que rien adhère aux parois. On chauffe le tube assez fortement pour bien constater qu'il ne se forme aucun dépôt de rosée dans la partie supérieure, puis on laisse refroidir et l'on pèse.

Le tube est alors ajusté sur celui qui amène l'hydrogène et l'on fait passer un courant un peu rapide de ce gaz qui, en raison de sa grande diffusibilité, a bientôt expulsé et remplacé l'air du tube à réduction. En enfonçant alors le bouchon de caoutchouc, on ferme toute issue au gaz, et l'on constate que, malgré la pression du générateur, aucune bulle ne traverse l'appareil.

L'extrémité postérieure du tube à réduction est alors introduite dans le fourneau à gaz et l'on élève très graduellement la température. Bientôt on voit l'hydrogène aspiré traverser le barboteur et l'on règle avec la plus grande facilité la rapidité du courant en modérant ou élevant la température. Toute l'eau formée vient se condenser dans la partie antérieure du tube à réduction qui reste en dehors du fourneau à gaz et ne s'échauffe que peu. La fin de la réduction est très nette, l'aspiration de l'hydrogène se ralentit rapidement, bien qu'on élève la température jusqu'au rouge, puis elle cesse complètement.

On baisse alors la flamme du gaz dans le fourneau de manière à laisser refroidir le tube à réduction bien au-dessous du rouge, puis on retire légèrement le bouchon de caoutchouc de manière à permettre au gaz hydrogène de circuler dans l'appareil et, au moyen d'un petit bec de gaz porté par un tuyau flexible, on chauffe la partie antérieure du tube à réduction de manière à volatiliser rapidement l'eau qui s'y était condensée et qui est entraînée par le courant d'hydrogène. On repousse alors le bouchon de caoutchouc, on réchauffe au rouge la partie postérieure du tube, tandis que la partie antérieure se refroidit et l'on s'assure qu'il n'y a plus aspiration d'hydrogène, ni formation de rosée dans la partie froide du tube. Retirant alors encore une fois le bouchon de caoutchouc, en même temps qu'on éteint la flamme du gaz dans le fourneau, on laisse passer quelques instants encore l'hydrogène, puis on referme l'appareil et on le laisse refroidir complètement, le tube à réduction demeurant en communication avec le générateur d'hydrogène sous pression.

Lorsque le refroidissement est complet, on repèse le

tube à réduction ; au premier moment le poids va en s'accroissant par suite du remplacement de l'hydrogène qui le remplissait par l'air atmosphérique, mais ce remplacement se fait très rapidement par diffusion et le poids devient bientôt constant.

Après cette première pesée, j'ai toujours eu soin de recommencer complètement ces mêmes opérations, mais il m'est arrivé très rarement de constater une nouvelle et très légère diminution de poids par cette répétition de l'expérience.

Outre la simplicité de l'appareil, ce procédé me paraît offrir deux avantages. L'oxyde à réduire n'est en contact à une température élevée qu'avec la quantité de gaz hydrogène strictement nécessaire pour sa réduction. On réduit ainsi au minimum l'erreur qui pourrait résulter d'une insuffisante purification de ce gaz et de la présence de traces d'hydrogène sulfuré, arsénié ou carboné. En outre l'oxyde et le métal réduit n'étant jamais sous l'influence d'un courant gazeux, puisque la circulation de l'hydrogène et de la vapeur d'eau ne se fait que par diffusion, l'on n'a à craindre aucun entraînement de poussière ni aucune volatilisation.

Chacune des trois portions d'oxyde de bismuth, dont j'ai décrit plus haut la préparation a été soumise à deux essais de réduction, j'ai obtenu les résultats suivants :

	Oxyde de bismuth	Oxygène	Oxygène p. 100 d'oxyde	Poids atomique.
I.	2,646	0,273	10,317	208,62
»	6,7057	0,6910	10,304	208,92
II.	3,6649	0,3782	10,319	208,58
»	5,8024	0,5981	10,308	208,82
III.	5,1205	0,5295	10,341	208,08
»	5,5640	0,5742	10,320	208,56
		Moyenne	10,318	208,60

Les variations dans la proportion d'oxygène sont trop faibles pour que l'on puisse croire à une scission de l'oxyde de bismuth en deux oxydes de poids atomiques différents. Mais je ne considère pas ces expériences comme pouvant servir à fixer le poids atomique du métal.

La méthode employée présente, en effet, un grand inconvénient. L'oxygène ne formant guère que la dixième partie du poids de l'oxyde, une erreur très faible sur sa détermination en entraîne une dix fois plus forte sur le poids atomique du métal. Aussi remarque-t-on que, bien que les dosages de l'oxygène paraissent assez concordants, les poids atomiques calculés offrent des différences trop grandes pour qu'on puisse sans scrupule en prendre la moyenne.

On doit aussi remarquer que toutes les causes d'erreur tendent à diminuer la proportion d'oxygène, et par suite à augmenter le poids atomique apparent du métal. Il y a deux causes pareilles. L'une, que je considère cependant comme n'ayant pu exercer qu'une très faible influence, serait la présence dans l'hydrogène de quelques traces de composés de ce gaz avec le soufre, l'arsenic, le charbon. Une autre cause d'erreur, probablement plus importante, est la suivante : La réduction de l'oxyde de bismuth commence très bien à basse température, mais il arrive un moment où elle se ralentit beaucoup. L'oxyde est alors transformé en une poudre noire, probablement un sous-oxyde, dont la réduction exige une chaleur beaucoup plus forte. Le bismuth fond alors à mesure qu'il se réduit, et il est à craindre qu'une partie de l'oxyde, devenue adhérente au verre, ne demeure emprisonnée sous le métal fondu et n'échappe ainsi à la réduction.

Je ne vois pas de cause d'erreur tendant, au contraire,

à donner des résultats trop bas. Ainsi le nombre 208,6, déduit de ces expériences, ne peut être considéré que comme une limite supérieure du poids atomique véritable.

En conséquence, j'ai cherché si je n'obtiendrais pas des résultats plus sûrs par un autre procédé qui a été avantageusement employé dans bien des cas, par la conversion directe de l'oxyde de bismuth en sulfate et la comparaison de leurs poids en partant du poids atomique du soufre 32,06, déterminé par M. Stas avec une très grande précision.

Je m'attendais cependant à éprouver de grandes difficultés dans l'expulsion complète de l'acide sulfurique par l'évaporation, sans qu'il y eût décomposition du sulfate de bismuth. J'ai été surpris, au contraire, de la facilité avec laquelle on arrive à ce résultat, même lorsqu'on ne dispose pas d'une étuve à température constante. J'opère de la manière suivante :

L'oxyde, dont je prends 2,5 à 3 gr., est placé dans une capsule de platine de 6 centim. de diamètre, qu'une seconde capsule, d'un diamètre très peu plus grand, ferme assez exactement, quand on l'y a bien enfoncée, pour qu'une substance même fort hygrométrique, comme un sulfate déshydraté par la chaleur, puisse y rester, sans présenter de variation de poids sensible, un temps bien supérieur à celui qui est nécessaire pour une pesée. L'oxyde est pesé dans ces deux capsules après avoir été fortement chauffé.

La dissolution est opérée par l'acide azotique, puis on ajoute, avec un tube gradué, une quantité d'acide sulfurique légèrement supérieure à celle qui serait nécessaire pour la conversion de l'oxyde en sulfate. On pourrait

opérer directement la dissolution par l'acide sulfurique étendu, mais le sulfate étant beaucoup moins soluble que l'azotate, on ne pourrait traiter dans la même capsule qu'une bien moindre quantité d'oxyde.

Pour évaporer la dissolution et dessécher le sulfate, on dispose la capsule sur un creuset de platine ayant à peu près le même diamètre, mais sur l'ouverture duquel elle repose sur un triangle de manière à ne pas toucher directement les bords du creuset. Celui-ci est suspendu dans l'intérieur d'un cylindre en terre de 8 cent. de diamètre, et à 6 cent. au-dessus d'un bec Bunsen ordinaire. Lorsque la flamme du gaz est la plus petite possible, l'eau n'entre jamais en ébullition dans la capsule, l'évaporation se fait donc assez lentement, sans risque de projection; c'est la partie la plus longue de l'opération. Lorsque la matière paraît desséchée, on élève graduellement, mais très lentement, la flamme du gaz jusqu'à ce qu'on voie apparaître quelques vapeurs d'acide sulfurique. L'extrémité de la flamme est alors encore à plus d'un centimètre de distance du fond du creuset qui ne doit nullement rougir. Dans ces conditions, par suite du courant d'air assez rapide qui s'établit autour de la capsule, la volatilisation de l'acide sulfurique est assez rapide. En deux heures au plus, les $0^g,5$ ou $0^g,6$ d'acide que l'on avait ajouté en excès sont chassés, on ne voit plus se former de vapeurs. On s'assure aisément de l'expulsion complète de l'acide en recouvrant la capsule de son couvercle; en le relevant un quart d'heure plus tard, on constate l'absence de toute fumée blanche et de tout dépôt d'acide à la surface inférieure du couvercle. On retire alors la capsule fermée exactement par celle qui lui sert de couvercle et on la porte sur un bloc de métal placé lui-même

sous une cloche en présence d'un vase contenant de l'acide sulfurique concentré. Enfin l'on pèse après le refroidissement.

Le tout est reporté dans le cylindre dont le chauffage est resté le même. Si l'on fait une nouvelle pesée au bout d'une heure, s'il y a une diminution de poids, elle ne dépasse généralement pas $0^{g},001$. On peut encore recommencer le chauffage dans les mêmes conditions, le poids ne varie plus, pourvu que l'on maintienne la capsule à peu près fermée pour éviter le contact des produits de la combustion du gaz. On peut même élever sensiblement la flamme du gaz sans produire de nouvelle perte.

Mais si on l'élève assez pour faire rougir le fond du creuset, bien qu'il soit à 4 cent. du fond de la capsule, une perte de poids se produit très lentement, mais d'une manière persistante, par suite d'une décomposition du sulfate.

Ces opérations, comme on le voit, ne présentent aucune difficulté; mais une précaution indispensable est, après une première détermination, d'humecter le sulfate de bismuth avec de l'acide sulfurique très étendu et de répéter la dessiccation. Lors même que l'oxyde de bismuth a été complètement dissous par l'acide azotique et que la solution a été évaporée avec un excès d'acide sulfurique, il reste encore quelques traces d'azotate non décomposé, et une nouvelle évaporation avec de l'acide sulfurique est nécessaire. Il y a toujours une augmentation de poids de quelques milligrammes par cette seconde opération. J'ai même observé encore, dans quelques cas, une très légère augmentation par un troisième traitement, mais jamais au delà.

Voici les résultats obtenus par cette méthode :

	Oxyde de bismuth.	Sulfate	Sulfate p. 100 d'oxyde.	Poids atomique (S=32,06)
I.	2,6503	4,0218	151,749	208,06
»	2,8025	4,2535	151,775	207,94
II.	2,710	4,112	151,734	208,13
»	2,813	4,267	151,688	208,33
III.	2,8750	4,3625	151,739	208,11
»	2,7942	4,2383	151,682	208,36
		Moyenne,	151,728	208,16

En résumé, ces expériences prouvent que les précipitations fractionnées de l'azotate de bismuth par l'eau ne séparent point des produits différents les uns des autres; de plus, dans les limites d'exactitude que je puis leur attribuer, elles confirment le poids atomique du bismuth, 208, déterminé par M. Schneider.

Manganèse.

Nous avons, pour fixer le poids atomique de ce métal les observations suivantes :

55,14 Berzélius, analyse du chlorure.
54,96 Dumas, »
54,98 Von Hauer, conversion du sulfate en sulfure.
54,02 Rawak, réduction de l'oxyde rouge en protoxyde.
54,04 Schneider, analyse de l'oxalate.

L'accord des trois premières déterminations, et la nature des procédés employés, me portent à considérer le nombre 55 comme représentant le plus exactement le poids atomique du manganèse. Cependant je vois que M. F. W. Clarke, dans l'ouvrage si utile aux chimistes

qu'il vient de publier [1] sur la revision des poids atomiques, opte plutôt pour le nombre 54.

Une autre considération m'a engagé à reprendre la détermination de ce poids sur des produits d'une précipitation fractionnée. C'est la longue discussion qui a eu lieu jadis sur la coloration des sels de manganèse.

Les chimistes avaient souvent constaté que la coloration rose des sels et des solutions de protoxyde de manganèse présentait des variations d'intensité considérables. Quelques-uns soutenaient qu'on pouvait les obtenir tout à fait incolores, et étaient disposés à croire que, lorsque la coloration existait, elle était due à la présence d'un oxyde supérieur. Cependant il fut reconnu que cette coloration ne disparaissait jamais par l'action des agents réducteurs, tels que l'acide sulfureux ou l'hydrogène sulfuré. Berzélius a émis l'opinion que ces différences pouvaient être dues à divers états isomériques. Je crois qu'il est plus généralement admis maintenant que la coloration rose appartient nécessairement aux sels de protoxyde et qu'elle ne disparaît que lorsque les solutions sont trop étendues, ou qu'elles renferment des oxydes métalliques étrangers, de nickel, par exemple, dont la couleur complémentaire masque la coloration propre des sels de manganèse. Pour ce qui me concerne, j'ai eu bien souvent

[1] *A recalculation of the atomic weights*, by Frank Wigglesworth Clarke. Washington, 1882. Dans un ouvrage analogue et plus récent, publié par MM. Lothar Meyer et Karl Seubert, je trouve admis le nombre 54,88.

Depuis la rédaction de ces pages, j'ai eu connaissance de nouvelles recherches de MM. James Dewar et Alexander Scott (*Proceedings of the Royal Society of London*, February 1883), qui ont obtenu pour le poids atomique du manganèse, par l'analyse du permanganate d'argent, le nombre 55,038.

l'occasion de préparer des sels de manganèse purs et je n'ai jamais observé de variation dans leur coloration.

Il m'a semblé cependant que ces considérations justifiaient quelques essais sur cet oxyde.

L'oxyde de manganèse a été préparé de la manière suivante :

Des liqueurs provenant de la préparation du chlore ont été évaporées à siccité, et le résidu assez fortement chauffé pour décomposer le chlorure de fer. On l'a redissous dans l'eau et l'on a ajouté, par petites portions, du sulfhydrate d'ammoniaque en laissant chaque fois le liquide digérer assez longtemps à chaud avec le précipité et rejetant celui-ci jusqu'à ce qu'il ne présentât plus aucune teinte grisâtre, mais seulement la couleur jaune orangée pure du sulfure de manganèse. Tout le manganèse a été alors précipité par le sulfhydrate d'ammoniaque. Le sulfure de manganèse est recueilli sur un filtre et lavé avec soin avec de l'eau contenant du sulfhydrate d'ammoniaque. Puis on l'a redissous par l'acide azotique très étendu, la solution filtrée a été évaporée et décomposée par la chaleur à la température la plus basse possible. Enfin on a fait digérer à chaud le bioxyde ainsi obtenu avec de l'acide azotique étendu, pour enlever les dernières traces d'alcalis ou de terres alcalines.

Le bioxyde pur, ainsi préparé, a été redissous par l'acide azotique avec addition d'acide oxalique, la liqueur évaporée pour chasser l'excès d'acide, étendue d'eau et précipitée par l'addition d'une certaine quantité d'acide oxalique, ce qui a donné un premier oxalate.

La liqueur filtrée a été de nouveau évaporée pour chasser l'excès d'acide azotique mis en liberté par l'opération précédente, puis étendue d'eau et de nouveau précipitée par l'acide oxalique.

Ce traitement répété jusqu'à précipitation complète de tout l'oxyde de manganèse a fourni ainsi sept produits successifs, qui ont été convertis en oxyde par le grillage. Toutefois la détermination du poids atomique n'a été faite que sur les produits nos 1, 3, 5 et 7; l'identité des résultats obtenus montre qu'il eût été inutile de répéter ces essais sur les produits intermédiaires.

J'ai voulu d'abord essayer si l'on pouvait parvenir à des résultats exacts en déterminant la perte de poids provenant de la réduction de l'oxyde rouge en protoxyde par l'hydrogène; c'est la méthode qu'avait employée Rawak. On pouvait prévoir cependant que la détermination du poids atomique, étant fondée dans ce cas sur la perte de poids extrêmement faible qui résulte de cette réduction, ne pouvait être d'une grande exactitude. Mais, en outre, je dois conclure de mes essais, qu'il n'est guère possible d'obtenir par la calcination un oxyde de composition rigoureusement constante. Elle correspond bien le plus souvent assez exactement à la formule du deutoxyde Mn^3O^4, mais souvent aussi la proportion d'oxygène est sensiblement plus forte. Je me suis arrêté à la méthode consistant à réduire l'oxyde en protoxyde par l'hydrogène et à déterminer l'augmentation de poids qui résulte de la conversion de ce protoxyde en sulfate.

La réduction par l'hydrogène a été opérée dans l'appareil que j'ai décrit à propos de la réduction de l'oxyde de bismuth. Elle se fait avec la plus grande facilité, seulement il faut s'astreindre aux conditions suivantes :

1° Chauffer très fortement l'oxyde avant son introduction dans le tube de réduction.

2° Élever la température à la fin de la réduction au degré le plus élevé que puisse supporter le tube de verre.

3° Laisser l'appareil en communication avec le générateur d'hydrogène après la réduction, jusqu'à ce qu'il soit complètement refroidi.

Ces précautions sont nécessaires pour diminuer autant que possible la tendance du protoxyde de manganèse à la réoxydation au contact de l'air pendant la pesée du tube qui le renferme. Il faut aussi, pour la même raison, après la pesée faire tomber directement l'oxyde réduit dans la capsule de platine contenant d'avance la quantité d'acide sulfurique étendu nécessaire pour sa dissolution.

Le protoxyde de manganèse pulvérulent se détache facilement et complètement du tube à réduction à l'aide de quelques secousses et tombe ainsi tout entier dans l'acide destiné à le dissoudre. La pesée du tube vide, après l'opération, donne par différence le poids de cet oxyde.

La dissolution se fait en quelques instants. Mais quelles que soient les précautions prises, il est impossible d'éviter qu'il y ait eu un commencement de suroxydation, en sorte que la dissolution présente toujours une teinte brunâtre et quelques flocons bruns qui ne disparaissent que par l'addition de quelques gouttes d'acide oxalique.

L'évaporation et la dessiccation du sulfate ne présentent aucune difficulté, les ulfate de manganèse n'éprouvant aucune décomposition, même à une température voisine du rouge.

Il résulte des explications précédentes, que l'on évalue toujours un peu trop haut le poids du protoxyde de manganèse, et que l'on trouvera, par conséquent, un poids atomique trop élevé. Mais il est facile de déterminer une limite supérieure de l'erreur ainsi commise. Il suffit de se servir, pour produire la dissolution complète dans l'acide sulfurique et la destruction de la coloration bru-

nâtre, d'une dissolution titrée d'acide oxalique, 126 parties de cet acide correspondant à 16 d'oxygène.

La correction faite ainsi sera toujours un peu trop forte pour deux raisons, d'abord parce que l'oxygène absorbé par le protoxyde ne l'a pas été en totalité avant la pesée, mais aussi pendant le court espace de temps nécessaire pour faire tomber l'oxyde dans la capsule, ensuite parce que la dissolution des derniers flocons bruns n'a pas lieu instantanément, mais peu à peu, en chauffant et en exigeant la présence d'un petit excès d'acide oxalique,

On estime donc toujours un peu trop haut la proportion d'acide oxalique nécessaire et par conséquent celle de l'oxygène contenu en excès dans le protoxyde au moment de la pesée.

Chaque expérience donne donc, par le résultat direct et par la correction, deux limites, l'une supérieure l'autre inférieure; entre lesquelles doit se trouver le véritable poids atomique. On verra par le tableau des expériences que la différence entre ces deux limites est assez faible pour que l'on puisse en prendre la moyenne.

	Mn O Direct.	Mn O Corrigé.	Mn O,SO³	Mn O,SO³ p. 100 de Mn O.		Poids atomique.		
				Direct.	Corrigé.	Direct.	Corrigé.	Moyenᵉ.
I	2,660	2,6587	5,653	212,52	212,62	55,15	55,09	55,12
III	2,521	2,5185	5,360	212,61	212,82	55,09	54,96	55,03
V	2,6015	2,5992	5,5295	212,55	212,74	54,13	55,01	55,07
VII	2,8905	2,8883	6,1450	212,59	212,75	55,11	55,01	55,06
							Moyenne,	55,07

La dernière de ces déterminations n'a pas été faite directement sur l'oxyde provenant de la dernière précipitation des oxalates. Celui-ci m'avait donné, en effet, des résultats un peu différents qui auraient conduit aux poids atomiques 55,38 et 55,26.

Mais j'ai constaté que ce dernier oxalate, dans lequel avaient dû se concentrer les traces d'impureté contenues dans toute la masse soumise à ces précipitations et celles résultant de l'attaque de la capsule de porcelaine dans laquelle avaient été concentrées à plusieurs reprises les liqueurs chargées d'acide azotique, ne pouvait pas être considéré comme pur. En conséquence on l'a converti en sulfate, fortement desséché et redissous dans l'eau qui a laissé un résidu siliceux, puis on a soumis la dissolution à des précipitations successives par le sulfhydrate d'ammoniaque et séparé ainsi une très petite quantité de sulfure gris-noir, dans lequel on a constaté la présence d'un peu de nickel, peut-être des traces de cobalt et de zinc. Le reste du manganèse a été précipité par le sulfhydrate d'ammoniaque, lavé et converti de nouveau en oxalate. C'est le produit ainsi purifié qui a fourni les résultats inscrits dans le tableau, sous le n° VII.

Je conclus de ces expériences que les précipitations fractionnées par l'acide oxalique ne déterminent aucune scission de l'oxyde de manganèse en produits différents par leurs poids atomiques; je puis ajouter que je n'ai observé aucune différence dans la coloration de leurs sulfates. Enfin, on voit que le poids atomique du manganèse est représenté avec une exactitude suffisante par le nombre 55.

LES FOURMIS AMÉRICAINES

M. Henry Mac Cook, pasteur de l'Église presbytérienne de Philadelphie, se livre depuis plusieurs années à l'étude approfondie des fourmis de l'Amérique et, grâce à l'intelligente bienveillance de ses paroissiens qui lui accordent des vacances suffisantes pour lui permettre de suivre à ses études favorites, il apporte chaque année un nouveau contingent d'observations sur les mœurs de ces merveilleux insectes. Ses recherches l'ont récemment conduit à la publication de deux ouvrages importants :

The natural history of the agricultural ants of Texas[1], qu'il a gracieusement dédié à ses ouailles, et *The honey ants and the occident ants*[2]. — C'est de ces ouvrages que nous tirons les faits si intéressants dont nous donnons ici le résumé.

I. *La Fourmi à miel.*

On sait que les fourmis, bien qu'étant des insectes carnivores, se nourrissent aussi de la matière sucrée que rendent les pucerons, mais on a longtemps ignoré que

[1] Philadelphie, 1879 (Académie de Philadelphie).
[2] Philadelphie et Londres, 1882, J. B. Sippincott et Ce.

certaines espèces eussent l'habitude de collecter du miel et d'en amasser des provisions.

Les fourmis mellifères, décrites par M. Mc Cook, appartiennent au genre *Myrmecocystus* et vivent sur les plateaux du Mexique, du Texas et du sud des États-Unis. Le premier indice de leurs mœurs a été fourni en 1832 par un auteur mexicain, P. de Llave, mais malgré quelques observations que les voyageurs ont ajoutées à sa notice, c'est M. Mc Cook qui, le premier, a fait connaître le genre de vie de ces insectes d'une manière véridique et suffisamment complète.

Les fourmis mellifères élèvent, toujours sur des éminences du terrain, des fourmilières en forme de tertres, composées de très petits graviers, et percées au sommet d'une entrée verticale. Le canal ne pénètre qu'à quelques pouces de profondeur et s'abouche avec une galerie horizontale qui se ramifie de plusieurs manières en se prolongeant sur une étendue de 6 ou 7 pieds, généralement dans une seule direction et qui conduit à diverses chambres.

Les fourmilières renferment, outre la reine, les femelles vierges et les ouvrières grandes et petites, ainsi qu'une catégorie d'individus dont les fonctions semblent se borner à servir de réservoirs à miel, sortes d'outres dans lesquelles s'emmagasine la provision alimentaire qui doit servir à la communauté. La reine occupe la dernière chambre à l'extrémité de la grande galerie. Elle est toujours entourée d'une quinzaine d'ouvrières qui lui servent de gardes du corps, qui la brossent, la nourrissent, l'assistent dans le travail de la ponte et semblent aussi la garder prisonnière.

Les autres chambres, qu'on rencontre sur le parcours

des galeries, ont leurs plafonds sculptés de façon à y laisser subsister des rugosités qui permettent aux fourmis de s'y cramponner et de se suspendre. Ces plafonds sont garnis d'individus auxquels on peut donner le nom de *fourmis-réservoirs*, car leurs fonctions, absolument passives, paraissent en effet se borner à servir d'amphores.

Chez ces individus l'abdomen se remplit de miel au point de s'enfler en une boule énorme, qui atteint la grosseur d'un pois, et qui est tout à fait disproportionnée avec la taille de l'insecte. La quantité de miel qu'il renferme équivaut en effet à 8 fois le poids de l'insecte. Aussi ces fourmis sont-elles incapables de marcher, et se trouvant condamnées à une immobilité forcée, il ne leur reste d'autre ressource pour ne pas gêner la circulation, que de se suspendre aux plafonds des chambres. Toutefois, si ces *fourmis-réservoirs* sont incapables de se promener à terre, elles peuvent cependant se déplacer dans une certaine mesure au plafond en progressant de droite à gauche par petits mouvements successifs, mais si l'une d'elles vient à se laisser choir, elle sera incapable de se suspendre à nouveau ; l'accident sera fatal et le cas désespéré ; la malheureuse sera condamnée à rester gisante à tout jamais dans la position invariable qui résultera de sa chute, reposant sur son outre, le corps et la tête en l'air, agitant ses pattes dans le vide et elle finira, au bout de quelques semaines, par périr dans cette position.

Chose vraiment curieuse et qui semble mettre la nature en défaut, les ouvrières ne savent pas secourir les fourmis-réservoirs en détresse et semblent même faire preuve à leur égard de la plus parfaite indifférence. Leur incurie va même si loin à l'endroit des *rotondes*, qu'en cas de bouleversement du nid elles les laissent gisantes çà et

là, à moitié enterrées, sans en prendre le moindre souci. Elles paraissent uniquement préoccupées du soin de rétablir les galeries et elles achèvent souvent d'enterrer les infortunées en rejetant de droite et de gauche les déblais dont elles veulent se débarrasser. Il semblerait cependant que si elles n'éprouvent aucune affection pour leurs congénères vouées aux fonctions ingrates de servir de réservoirs, elles devraient au moins les soigner par motif d'intérêt, car elles ne devraient pas ignorer combien précieuse est la liqueur que renferment leurs outres. En effet s'il arrive qu'une de ces amphores éclate par suite d'un accident, elles accourent aussitôt avec une sorte de frénésie et montrent une véritable passion à s'emparer du miel qui s'en échappe. A peine la nouvelle s'est-elle répandue dans la fourmilière que l'anarchie la plus complète s'empare de la communauté, et que l'on voit toutes les fourmis, comme saisies de vertige, abandonner leurs travaux et se précipiter en toute hâte vers le tonneau qui vient de s'effondrer, de peur de perdre leur part à la libation.

Et cependant les ouvrières ne paraissent pas comprendre que les outres renferment une provision de cette liqueur favorite, car lorsqu'une fourmi-réservoir vient à périr, les neutres, malgré leur passion pour le miel, n'ont pas l'idée de lui crever le ventre; elles se bornent à débarrasser la maison du cadavre. Et ce n'est pas à dire qu'elles ne sachent se servir de leurs mandibules, au moyen desquelles il leur serait facile de percer les parois de l'outre, car pour faciliter l'opération du transport du cadavre, elles coupent le mort en deux en pratiquant la section du pétiole. Après l'avoir ainsi divisé, elles emportent le corps et roulent ensuite l'abdomen plein de miel

hors du nid, et le tout est en fin de compte traîné au cimetière, situé à quelque distance de la fourmilière.

Des observations de ce genre sont bien de nature à montrer jusqu'à quel point l'instinct est un fait acquis par l'expérience plutôt qu'un don aveugle de la nature, car dans ce cas celle-ci se fût montrée singulièrement peu sagace en négligeant d'enseigner aux fourmis le parti qu'elles pourraient tirer du contenu des outres qu'elles laissent perdre faute de savoir les ouvrir.

La manière dont se fait la récolte du miel n'est pas moins surprenante que ce qui précède. On pouvait s'attendre à ce que les fourmis le tirassent des aphidiens qui fournissent à tant d'autres espèces une liqueur sucrée dont elles sont très friandes. Il n'en est rien. Le miel est au contraire, comme celui des abeilles, d'origine purement végétale.

A la tombée de la nuit les ouvrières partent en campagne. Elles pénètrent dans les taillis de chênes, se répandent sur les arbres et vont attaquer les galles qui garnissent en abondance les feuilles du *Quercus undulata*[1]. Elles commencent par racler la surface de ces excroissances au moyen de leurs mandibules, de façon à entamer l'épiderme; au bout de quelques moments les galles exsudent, par les plaies ainsi produites, des gouttelettes d'une matière sucrée que les fourmis absorbent aussitôt et qu'elles emmagasinent dans leur jabot pour le transporter à la fourmilière.

Pendant toute la nuit les fourmis vont et viennent entre la forêt et la fourmilière, et au matin elles rentrent

[1] Ces galles sont dues au *Cynis quercus-mellaria*.

dans la maison commune pour se mettre à l'abri de la chaleur de la journée qu'elles semblent redouter beaucoup.

L'auteur a vu les ouvrières butinières, au retour de leurs expéditions, alimenter les ouvrières sédentaires qui gardaient l'entrée du nid, en dégorgeant des gouttelettes de matière saccharine que les sédentaires absorbaient avec avidité. Il a également vu des neutres, grandes et petites, aller demander leur pâture à une *fourmi-réservoir,* laquelle paraissait dégorger du miel à volonté et en distribuait à plusieurs affamées. Mais il n'a jamais vu les fourmis s'attaquer à la provision emmagasinée dans les outres qui garnissent les plafonds des chambres. L'on en est donc à se demander à quoi servent ces réservoirs à miel auxquels personne ne paraît puiser. Dans l'espoir d'élucider ce mystère, l'auteur a essayé d'affamer une fourmilière captive pendant quatre mois. Les fourmis ne s'en portèrent que mieux et la rotondité des outres n'avait que peu diminué, ce qui laisse supposer que la provision de miel n'avait point été mise à contribution. On ne peut toutefois s'empêcher de supposer que les réservoirs sont destinés à assurer la subsistance de la communauté pendant la morte-saison, époque où l'on ne trouve plus de gales fraîches.

Il restait encore à élucider la question de savoir si les fourmis-réservoirs constituent une caste séparée, ou si elles ne sont que des individus choisis parmi les ouvrières. Les observations de l'auteur obligent à se ranger à cette dernière opinion. En effet, on trouve presque tous les degrés entre les ouvrières ordinaires et les individus transformés en outres. L'auteur a observé que beaucoup de fourmis butinières revenaient de leurs promenades

tellement gonflées qu'elles constituaient déjà des *demi-outres*, et il a vu ces fourmis-là aller se suspendre aux plafonds des chambres, se mêler aux *fourmis-réservoir* qui étaient déjà suspendues et dès ce moment se comporter comme ces dernières. Il a pu établir aussi que ce ne sont pas seulement les grandes ouvrières qui agissent de la sorte, mais aussi des ouvrières moyennes et même des petites.

L'étude anatomique montre, d'autre part, qu'il n'existe aucun organe spécial pour loger le miel chez les *fourmis-réservoir*, mais que la provision remplit seulement le jabot, tel qu'il existe chez les ouvrières, lequel se distend d'une manière extraordinaire, au point de refouler et d'éclipser entièrement le reste du tube intestinal et même d'occlure l'anus.

Enfin, le fait seul que les ouvrières ne savent point secourir les rotondes, ne semble-t-il pas déjà indiquer que ces dernières ne constituent point une caste, mais que ce sont simplement des fourmis comme les autres ; car, s'il y avait caste, la nature n'aurait-elle pas pourvu aux besoins des membres de la caste, et une partie des ouvrières ne seraient-elles pas commises aux soins de ces derniers.

De tout ceci il est permis de conclure que l'emmagasinage du miel ne correspond à aucun organe spécial ; qu'il n'est, par conséquent, l'apanage d'aucune catégorie spéciale d'individus, mais qu'il est seulement le résultat d'une adaptation qui, à son tour, a donné occasionnellement naissance à un instinct.

Une découverte récente vient encore à l'appui de ce qui précède : On a trouvé en Australie une autre espèce de fourmi à miel [1] qui semble se comporter à peu près

[1] Le *Camponatus inflatus*, décrit par Sir J. Lubbock.

comme la fourmi américaine, et cependant l'espèce appartient à un genre bien différent et elle a des mœurs différentes aussi, car elle se creuse des canaux dans les racines des arbres.

La présence des fourmis-réservoirs dans les communautés n'est donc pas même un caractère spécial à un genre particulier de fourmis, en sorte qu'il est permis de supposer que l'instinct qui répond à cette économie des fourmilières est virtuellement capable de se développer aux dépens des ouvrières de chaque espèce, si les circonstances ambiantes tendent à en favoriser l'éclosion.

L'auteur vient de nous montrer comment les fourmis, au retour de leurs expéditions, passent de l'état d'ouvrières à l'état de fourmis-réservoir. Elles se chargent dans la forêt d'une quantité de miel assez forte pour que leur abdomen en soit dilaté, assez faible cependant pour qu'elles puissent faire retour à la fourmilière sur leurs propres jambes. Mais comment ces fourmis, qui vont se suspendre après avoir passé à l'état de demi-outre, complètent-elles leur provision afin de prendre leur rotondité parfaite? C'est ce que l'observateur n'a pas encore réussi à découvrir. Si les fourmis prédestinées à servir de réservoirs se chargeaient dans la forêt de leur provision complète, elles seraient incapables de rentrer à la fourmilière et n'auraient plus qu'à se suspendre aux feuilles des arbres pour échapper à la mort que leur chute entraînerait tôt ou tard. Si, d'autre part, pour réussir à regagner la fourmilière, elles ne peuvent se remplir qu'à moitié, et qu'une fois rentrées elles se suspendent, comment peuvent-elles achever de se remplir? L'observateur n'a jamais remarqué qu'aucune butinière vint apporter

du miel à ces individus passés à l'état de demi-réservoirs. Faut-il supposer que le suc emmagasiné subisse une sorte de fermentation qui produirait une augmentation de volume de nature à dilater l'abdomen de la fourmi suspendue ? La question reste indécise.

Les fourmis à miel ont un caractère plus pacifique que la plupart des fourmis carnivores ; les étrangères qui viennent se mêler à une fourmilière, au lieu d'être mises à mort, sont généralement accueillies sans marques d'hostilité et finissent même par être incorporées elles-mêmes dans la communauté.

On peut nourrir ces insectes avec du sucre et avec du miel ordinaire, mais ils sont très gourmands quant au choix des aliments, et se montrent très ombrageux à l'endroit des substances qu'on cherche à y mêler dans un but déterminé. Ils refusent obstinément, par exemple, le sirop carminé qui permettrait de faire des expériences utiles, et aussitôt qu'ils ont reconnu la présence d'une substance étrangère dans les comestibles, ils font disparaître le mets frelaté en l'enfouissant, ou en le recouvrant de petits cailloux arrachés à la profondeur du sol, comme s'il s'agissait de préserver la communauté contre un poison.

Il nous reste à parler des parasites dont les fourmis mellifères ont souvent à souffrir.

Dans la nature toute puce a sa puce ; les fourmis n'échappent pas plus à cette loi que le reste des mortels, et M. Mac Cook a eu le chagrin de voir le fléau du parasitisme envahir successivement toutes ses colonies captives et les faire périr une à une. Le parasite habituel des *myrmecocystus* est une mite, qui se développe en grande

abondance dans les fourmilières, et l'auteur suppose qu'elle devait être éclose d'œufs se trouvant mêlés à la terre même des fourmilières qu'il avait introduite dans ses récipients.

Ces petits acariens ne tardèrent pas à apparaître et à se multiplier au point d'envahir le corps de presque toutes les fourmis. Celles-ci avaient beau se débattre, elles ne réussissaient point à s'en débarrasser ; surtout pas autour de la bouche où leurs efforts devenaient complètement impuissants.

Une fourmilière envahie par les mites ressemble à une ville hantée par une épidémie. Les fourmis périssent une à une et sur le chemin du cimetière l'on n'aperçoit bientôt plus que cadavres qu'on transporte à la fosse commune. Les galeries deviennent désertes ; les fourmis malades ne peuvent bientôt plus suffire au service funèbre, et les cadavres restent gisants dans les chambres et dans les galeries, jusqu'au moment où les derniers habitants de la maison finissent aussi par périr.

Bien que les fourmis aiment à se prêter mutuellement des soins assidus dans l'opération de leur toilette, bien qu'elles aient l'habitude de se brosser les unes les autres, elles ne savent pas se rendre réciproquement le service de se débarrasser des maudits petits parasites qui les tourmentent. Ici encore l'instinct est pris en défaut et cela sans doute parce que les fourmis se trouvent placées dans ces cas en face d'une sorte d'accident, c'est-à-dire d'une circonstance qui échappe à l'économie normale des agissements de la communauté. C'est du reste chose très frappante que l'impuissance habituelle des animaux à lutter contre les parasites, et en particulier que l'ineptie dont ils font preuve lorsqu'il s'agit de les com-

battre. Les hyménoptères sociaux, les abeilles, les guêpes, si bien armées, ne savent ni les exterminer, ni même, semble-t-il, les apercevoir. En leur présence ces insectes, du reste si sagaces, semblent être comme frappés de cécité.

Tels sont les faits les plus saillants observés par M. Mc Cook sur les fourmis à miel. Il reste encore plus d'un problème à résoudre dans la vie de ces insectes et l'on peut espérer que l'auteur réussira à les élucider dans la suite de ses patientes recherches.

Ajoutons que les Indiens connaissent fort bien les *Myrmecocystus;* qu'ils en recherchent les demeures, les déterrent, en tirent les fourmis-réservoir, et se régalent du miel que renferment leurs abdomens.

H. de S.

LES RIDES DE FOND
ÉTUDIÉES DANS LE LAC LÉMAN

PAR

M. le Dr F.-A. FOREL

Professeur, à Morges.

Il n'est pas de plus joli phénomène dans la physique naturelle des lacs que les *rides de fond* (*Ripple marks* des Anglais, *Wellenfurchen* des Allemands). Ces rides séparées par leurs sillons sont modelées dans le sable; leur largeur d'une crête à l'autre est presque uniforme, elles sont équidistantes; elles marchent d'une manière générale en lignes parallèles, mais accidentellement, aux points d'inflexion en particulier, elles s'anastomosent ou se dédoublent sans rupture violente du type normal du dessin; dans leurs lignes droites ou légèrement courbées, elles forment un guilloché simple, largement infléchi. Si j'avais à en donner une idée à quelqu'un qui ne les aurait jamais vues, je ne saurais mieux les comparer qu'aux stries de l'épiderme palmaire de la main humaine, dont elles ont les allures et la belle régularité.

Les rides se dessinent sur le sable du fond des eaux dormantes, et on les voit dans la région littorale des mers, des lacs et des étangs; on les retrouve aussi sur le sable des fleuves dans des conditions favorables, quand le cou-

rant d'eau est assez large pour qu'il s'y développe des vagues.

Dès mes premières études sur le lac Léman, je les ai rencontrées; je les ai observées de mon mieux et j'ai essayé de les expliquer [1]. La théorie à laquelle j'arrivai alors faisait intervenir la pression verticale des vagues de l'eau sur le fond; elle était insoutenable, je l'ai reconnu plus tard, et elle ne mérite pas d'être reproduite ici, même à titre d'exemple des erreurs d'imagination d'un naturaliste.

J'ai repris à plusieurs reprises cette étude, en combinant l'observation des faits naturels et l'expérimentation artificielle. J'ai résumé devant la Société vaudoise des sciences naturelles, séances du 6 février et du 6 mars 1878, les résultats de ces recherches qui m'avaient assez bien rapproché du but [2].

En avril 1882, M. A.-R. Hunt a lu à la Société royale de Londres un intéressant travail sur ce sujet [3]; il donne les dimensions des rides dessinées sur les côtes de la mer à Torquai, dans le Devonshire; il réfute l'opinion assez généralement adoptée que les rides seraient dues à l'action de courants de direction constante; soit par l'observation dans la nature, soit par l'expérimentation dans des bassins artificiels, il a reconnu, comme moi, que les rides sont causées par le balancement alternatif de l'eau, balancement qui n'est qu'une modification dans la profondeur du mouvement superficiel plus compliqué des vagues d'oscil-

[1] Soc. vaud. sc. nat., séance du 16 février 1870.

[2] *Bulletin soc. vaud. sc. nat.*, XV, p. 66 et 76. P. V. Lausanne, 1878.

[3] Arthur Roope Hunt, On the formation of ripplemark. *Proc. of the R. Soc.*, XXXIV, 1. London, 1882.

lation progressive. Enfin, M. Hunt, a cherché à déterminer la limite d'action des vagues dans la profondeur de la mer.

En mars 1883, M. Casimir de Candolle a publié dans les *Archives de Genève* un important mémoire sur les rides de fond [1]; il y décrit une foule d'expériences intéressantes, et en tire des déductions fort ingénieuses; il montre entre autres que la formation des rides n'a pas lieu seulement sur le sable dans l'eau en mouvement, mais qu'on peut les produire également dans d'autres liquides, ou sur des corps visqueux, goudron, sirop de groseilles, ou sur des corps plus légers que l'eau, poussières de bois, bulles d'air dans un flacon. Il a formulé dans les termes suivants sa loi de la formation des rides de fond : « lorsqu'une matière visqueuse, en contact avec un liquide moins visqueux qu'elle-même, éprouve un frottement oscillatoire ou intermittent, résultant du mouvement de la couche liquide qui la recouvre, ou de son propre déplacement relativement à cette couche, la surface de la matière visqueuse se ride perpendiculairement à la direction de ce frottement; l'intervalle compris entre les rides ainsi formées, autrement dit leur écartement, est en raison directe de l'amplitude du frottement. » Pour M. de Candolle, le sable soulevé par les mouvements des vagues constituerait avec l'eau une substance visqueuse, sur laquelle les rides se formeraient, comme, dans ses expériences, elles se forment sur du goudron. Quant à la théorie même de cette action, lorsque M. de Candolle dit : « que l'effet du frottement de l'eau sur la matière visqueuse est tout à fait identique à celui du frottement de

[1] C. de Candolle, Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau. *Archives des sc. ph. et nat.*, IX, 241. Genève, 1883.

l'air sur la surface libre d'un liquide non visqueux, il y développe des vagues, » il me semble s'écarter de la notion très juste qui est à la base de toute son étude ; il passe du frottement oscillatoire, qui est une action discontinue et de direction alternante, à l'action du vent sur l'eau qui est continue et de direction constante, et qui détermine des vagues d'oscillation progressive.

Ainsi donc MM. Hunt et de Candolle sont, comme moi-même en 1878, arrivés à attribuer la formation des rides de fond au balancement des eaux (courant alternatif de Hunt, frottement oscillatoire de Candolle). Mais pas plus que moi dans mes recherches passées, ils n'ont pu tirer de la constatation du fait son explication. La théorie, je ne dirai pas la théorie mathématique, je la laisse à d'autres, mais la simple théorie explicative de la formation des rides de fond est encore à faire [1].

[1] Aux citations bibliographiques données par M. de Candolle, j'ajouterai les suivantes : Siau (Action des vagues à de grandes profondeurs. *Ann. de chim. et phys*, 3me série, II, 118. Paris, 1841) étudie la formation des rides de fond : « Les ondulations sont un effet de l'action des flots. Lorsque les eaux sont très agitées, toutes les matières sont mises en mouvement par elles ; peu à peu la vague diminue, son action s'amoindrit, et il arrive un moment où elle ne peut plus faire marcher les matières les plus lourdes. Alors il se fait un triage, une espèce de départ ; les matières légères se séparent, continuent d'avancer par ondulations, comme cela a toujours lieu, le flot agissant au fond des creux pour les porter au sommet, et laissant à nu les corps les plus pesants. » Siau a vu distinctement les rides de fond jusqu'à 20m de profondeur, et à l'aide d'une sonde ensuiffée, il en a reconnu les empreintes jusqu'à 188m de profondeur au N.-O. de la rade de Saint-Paul, près de Saint-Gilles, en Vendée.

Delesse (*Lithologie du fond des mers*, p. 110, 1871), dit que l'oscillation de la mer est démontrée jusqu'à 200m de profondeur dans l'Océan, et que cela est mis en évidence par les rides de fond. (Cité par Hunt.)

Dr A. Barthelemy, (Des vibrations communiquées aux nappes

Ramené à ces questions par le travail de M. de Candolle, j'ai revu dernièrement une observation déjà faite par moi il y a quelques années; je l'ai étudiée avec plus de soin et j'en ai tiré la théorie que j'exposerai dans les pages suivantes. Si en plusieurs points je me rencontre avec MM. Hunt et de Candolle j'en serai heureux, car la concordance de recherches indépendantes est une preuve de la justesse probable de leurs conclusions. Je traiterai le sujet à mon point de vue, en tâchant d'éviter des redites sur ce qui est déjà connu, et sans trop encombrer la discussion par des détails d'expérimentation, laquelle est du reste ordinairement fort peu compliquée.

En 1868, alors que j'étudiais les rides de fond dans le lac Léman, je ne trouvai dans les auteurs d'autre explication que celle donnée par Lyell [1], qui les confondait avec la formation des dunes. J'en ai profité pour observer attentivement les dunes qui se développaient sous l'eau dans le lit d'un bief de moulin, près de Morges; le courant d'eau de ce bief marchait à la surface avec une vitesse de 40 centim. par seconde.

Le sable arraché du fond par le courant s'écoule régulièrement avec l'eau ; il ne s'arrête que lorsqu'il arrive dans un remous, soit dans une dépression au-

liquides de forme déterminée. *Ann. de chim. et phys.*, 5me sér. I, 100. Paris, 1874.) voit dans les rides du fond des lignes nodales de l'oscillation vibratoire des vagues.

John Gilmore décrivant la plage des sables de Goodwin décrit incidemment des rides qui auraient deux ou trois pieds de hauteur. (Cité par Hunt.)

G. H. Darwin (On the geological importance of the tides. *Nature*, XXV, 214. London, 1882) attribue la formation des rides de fond aux courants de la marée.

[1] C. Lyell, *Manuel de géologie*, trad. française, I, p. 33. 1856.

dessous du plan général du fond, soit derrière un obstacle saillant. Dans un tel remous, le sable à l'abri du courant se dépose en couches stratifiées.

Or que, par une action quelconque, une petite colline de sable, pl. I, fig. 1 *a*, soit formée sur le fond de l'eau, le sable enlevé par érosion à sa face antérieure *b* sera transporté par-dessus la crète *c* jusqu'à sa face postérieure *d*, où il trouvera un remous, et où il se déposera en formant un talus d'éboulement avec la pente naturelle de ce genre de déclivités. Cette action de transport se continuant dans le même sens, il se produira une dune laquelle présente les caractères suivants :

1° La crête *c* de la dune se déplace lentement dans le sens du courant, par le fait de l'adjonction de nouvelles couches sur le talus d'éboulement de la face postérieure.

2° Les deux faces de la dune ont une inclinaison différente, la face antérieure, ou face d'érosion *b*, (vers le haut du courant), est presque horizontale ou faiblement inclinée ; la face postérieure, ou face d'alluvion *d*, (vers le bas du courant) est très inclinée, suivant un talus d'éboulement naturel.

3° Une coupe verticale, dans l'intérieur de la dune, montrerait une stratification inclinée, en plans parallèles au talus d'éboulement de la face d'alluvion. En même temps on y verrait une répartition des matériaux suivant leurs dimensions, les grains de sable les plus fins restant au haut de la pente, tandis que les grains les plus grossiers sont entraînés jusqu'au pied du talus.

Les mêmes actions se répètant aux mêmes places, si par le fait du relief du fond, une dune s'est développée à un point donné, il s'en formera une seconde au même endroit quand, par suite du déplacement normal de la

dune, la première aura descendu le fil du courant. Il y aura donc formation d'une série de dunes semblables, équidistantes, se succédant de haut en bas du courant (fig. 2.), les plus anciennes étant le plus bas dans le sens du courant.

Les caractères que nous venons de trouver dans les dunes ne se constatent pas dans les rides de fond. Celles-ci sont immobiles et leur forme est fort différente.

Elles sont immobiles ; c'est un fait d'observation. Par une belle journée de printemps, en 1868, j'ai observé pendant trois heures de suite les rides de fond dessinées dans le lac sur un beau sol de sable, vers la côte de Préverenges, près Morges ; de jolies vagues d'un *rebat* (brise de jour) assez vif, agitaient suffisamment le fond pour soulever le sable à chaque mouvement de l'eau. J'ai constaté que, pendant toute la durée de l'observation, malgré l'agitation du sable, il n'y avait pas le moindre déplacement des rides par rapport à des repères choisis dans le sol lui-même.

Quant à la forme des rides elle peut s'étudier :

a. Par l'observation directe dans le lac quand l'eau est redevenue calme.

b. Sur les grès des couches géologiques du sol, où elles sont souvent très bien reconnaissables.

c. Sur des moulages analogues à ceux que j'ai levés en janvier 1869 sur le sable du lac lui-même. Pour cela j'ai fait un cadre à charnière en feuilles de ferblanc ; je l'ai descendu dans le lac sous une profondeur d'un mètre d'eau environ, en un point où les rides étaient fort bien dessinées ; puis j'ai versé, à travers l'eau, une crême de plâtre très dilué, qui s'est pris sous l'eau et m'a donné

un moule négatif. J'en ai tiré entre autres l'épreuve positive que j'ai déposée au musée de géologie de Lausanne.

On peut, par ces divers procédés, constater que, normalement, les rides de fond ont une coupe parfaitement symétrique de chaque côté, les deux talus ayant exactement la même inclinaison. Cette inclinaison des talus est d'autant plus forte que les rides sont plus fraîches, c'est-à-dire qu'il s'est écoulé moins de temps depuis le jour où les vagues les ont modelées. Avec le temps, en effet, les rides s'effacent; par l'action en particulier des petits animaux qui vivent dans le sable, les creux se comblent, les arêtes s'aplatissent de plus en plus. La crête qui unit les deux talus devient mousse ; sur des rides très fraîches elle est plus vive, et formée par la rencontre de deux plans suivant un angle obtus (fig. 3).

La profondeur des sillons comparativement à la largeur des rides, d'une crête à l'autre, semble à première vue plus considérable qu'elle n'est en réalité. Sur le moulage dont je viens de parler, pris en un point où les rides étaient fort bien marquées, j'ai pu mesurer les dimensions exactes, et constater que, pour une largeur de 6 centim. d'une crête à l'autre, la profondeur du sillon au-dessous des crêtes n'était que d'un centimètre, (voir fig. 3, demi-grandeur naturelle).

Quant à la distribution des matériaux, l'arête et la partie supérieure des rides sont formées du sable le plus fin, le sable le plus grossier descendant au bas des talus et dans les sillons [1].

[1] Si au lieu de considérer des rides fraîches, ou en voie de formation, on s'adresse à des rides anciennes dessinées depuis longtemps sur le fond du lac, on voit le fond des sillons rempli de poussières et de débris organiques, de feuilles, bois, coquilles, etc. Promenés sur

Le 17 août 1875, les rides formées sur le sable du Rhône à Massongex, près de Bex, présentaient une apparence singulière ; les arêtes très aiguës étaient toutes noires, les talus et les sillons ayant le gris nacré du sablon du Rhône ; je supposai que la couleur noire était due à de l'humus ou terre en fine poussière, plus légère et plus fine encore que le sable minéral. Pour le vérifier, dans une anse où les rides étaient parfaitement propres, je salis l'eau en y versant de la terre délayée, et au bout de quelques minutes, je vis les particules terreuses se localiser sur les arêtes des rides qu'elles coloriaient en noir.

Ainsi donc, soit par leur forme symétrique à talus également inclinés des deux côtés de l'arête, soit par leur immobilité, les rides de fond se distinguent très nettement des dunes formées dans le sable par un courant continu. Ce n'est que dans la distribution des matériaux qu'on pourrait retrouver une certaine analogie entre les deux ordres de formation.

Comment se forment les rides de fond ?

On peut, dans des conditions favorables, étudier leur développement dans le sable du fond du lac. Pour cela il faut choisir une plage sableuse, submergée sous une couche d'eau de faible épaisseur, et l'observer quand l'eau est agitée par des vagues légères, régulières, non guillochées par les rides de la brise [1].

le fond du lac par les courants, ces corps légers s'arrêtent et s'accumulent dans toutes les dépressions du sol. Ce remplissage du fond des sillons par les corps légers est évidemment un phénomène secondaire.

[1] En général les matières huileuses répandues à la surface de l'eau sont chassées à la rive par les brises soufflant du large ; elles éteignent les rides de l'eau, et permettent une observation très suffisante des détails du fond.

On voit alors le mouvement de la vague se traduire au fond de l'eau par un balancement alternatif régulier, d'avant en arrière et d'arrière en avant ; l'eau, les poussières en suspension dans l'eau, les grains de la couche supérieure du sable subissent ce mouvement pendulaire dont le rythme correspond à celui de la vague. Quand le fond de sable a été artificiellement aplani et les rides effacées, celles-ci ne tardent pas à se reformer sous l'action de ce mouvement de balancement; quand le sable présente son modelé normal des rides, on voit les grains de sable et les poussières aquatiques être promenés alternativement d'un côté à l'autre de chaque ride, être enlevés au sillon d'une ride, passer par dessus l'arête pour tomber dans le sillon de la ride voisine, d'où ils sont repris par le mouvement de retour de la vague et rapportés à leur place primitive.

Ce mouvement de balancement pendulaire de l'eau, au-dessous des vagues superficielles d'oscillation progressive, ressemble en plus d'un point à celui que subit le liquide dans un bassin, où il balance suivant une oscillation fixe uninodale (balancement simple de l'eau dans une cuvette). Il était tout indiqué de rechercher l'effet du mouvement de balancement de l'eau dans des bassins de petites dimensions, sur le fond desquels on étalerait une couche de sable fin. Dès mes premières expériences en 1868, j'ai reconnu la formation, sur le sable de ces bassins, de rides de fond analogues à celles du lac. Des moulages de plâtre m'ont prouvé l'identité absolue des phénomènes ; même forme des rides, égalité des deux talus, même distribution des grains de différentes grosseurs, même immobilité des rides qui ne se déplacent plus une fois

établies. Cette identité étant évidente, j'ai essayé d'en profiter pour chercher les lois de la formation de ces rides. Pour cela j'ai employé des bassins de diverses grandeurs et des sables de diverses grosseurs. Je vais donner le résultat des expériences que j'ai faites à ce sujet soit en 1868, soit en 1877 et 1878.

Le mouvement de balancement de l'eau, tel qu'on l'obtient dans une cuve où on laisse l'eau balancer librement, est constitué essentiellement dans la partie médiane de la cuve, où les rides se dessinent le mieux, par un déplacement horizontal du liquide qui se transporte par un mouvement d'ensemble alternativement vers l'une et vers l'autre extrémité du bassin. Dans ce balancement pendulaire il y aurait à considérer pour l'étude qui nous occupe :

a. L'amplitude de l'oscillation, c'est-à-dire le trajet parcouru par la molécule d'eau dans chaque mouvement (demi-oscillation).

b. La durée de l'oscillation, c'est-à-dire le temps qu'emploie la molécule d'eau pour revenir à sa place, après avoir accompli une oscillation complète.

c. La vitesse des courants d'eau, qui est le quotient de ces deux valeurs.

Je n'ai pas pu toujours, dans les expériences que je vais analyser, séparer suffisamment ces trois facteurs, mais nous arriverons petit à petit, dans la suite de cette étude, à démêler assez bien leur action différente. Voici donc le résultat de mes expériences :

I. Avec le même sable j'obtiens des rides de même largeur dans des bassins de différentes longueur (entre 0,5 et 1^{m},3 de longueur). La longueur du bassin n'a pas d'influence évidente sur la largeur des rides.

II. Dans un même bassin et avec le même sable, je vois la largeur des rides diminuer à mesure que la profondeur d'eau augmente. Voici les chiffres d'une série d'expériences, dans un bassin de $1^m,25$ de long, la profondeur s'appréciant par la durée de la vague de balancement[1].

Durée de la vague,	*largeur des rides.*
2,6 secondes	5 centimètres
2,3 »	4 »
2,2 »	4 »
2,1 »	3,7 »
2,0 »	3,5 »
1,9 »	3,5 »
1,8 »	3,2 »

Cette série d'expériences donne un résultat très évident mais difficile à interpréter; en effet plusieurs facteurs varient en même temps. A mesure que la profondeur d'eau augmente, il y a diminution de la durée de la vague de balancement, et diminution de l'amplitude du balancement (soit du déplacement horizontal de l'eau dans chaque oscillation). Est-ce la profondeur de l'eau, est-ce la durée de la vague, est-ce l'amplitude du balancement de l'eau qui détermine la largeur des rides ? Cela ne se voit pas immédiatement dans les résultats de cette expérience.

III. Dans un même bassin et dans les mêmes conditions de profondeur d'eau et de balancement, je vois la largeur des rides augmenter à mesure que je prends du

[1] Ainsi que je l'ai montré dans une étude sur *La formule des seiches* (*Archives*, LVII, 278. Genève, 1876), la durée de la vague de balancement uninodale, est proportionnelle à la longueur du bassin, et inversément proportionnelle à la racine carrée de la profondeur.

sable plus grossier. C'est ainsi que j'ai obtenu des rides de

39 millim.	de largeur	avec du sable	très fin.
51	»	»	moyen
76	»	»	très grossier.

Grâce à l'obligeance de M. de Candolle, je suis en mesure de confirmer définitivement ce point; il a bien voulu m'autoriser à utiliser l'excellent appareil qu'il a décrit à la fig. 1, pl. VI de son mémoire, sa cuve oscillante qui permet de limiter d'une manière très sûre l'amplitude du balancement de l'eau. Le 14 juin 1883, nous avons répété avec M. de Candolle les expériences qui démontrent l'effet de la grosseur du sable sur la largeur des rides, en ayant soin d'employer toujours la même profondeur d'eau et la même amplitude de balancement. En faisant passer sur un tamis le sable, nous le séparions en deux lots, dont les grains étaient de grosseurs différentes. Voici les résultats de deux séries d'expériences comparatives :

Sable du Léman, grève de Morges :

Sable fin, largeur des rides, 45^{mm}.

Sable grossier, largeur des rides, 57^{mm}.

Sable siliceux, acide silicique :

Sable très fin, poussière impalpable, largeur des rides, 25^{mm}.

Sable fin, largeur des rides, 36^{mm}.

IV. L'amplitude du balancement n'a pas d'influence sur la largeur des rides, une fois formées. Lorsque dans un bassin j'ai obtenu des rides de fond, si je laisse le balancement de l'eau s'arrêter lentement, je vois les rides

du sable ne pas changer de largeur, ne pas se déplacer, alors même que l'amplitude du balancement décroît progressivement.

Cela semble en contradiction avec la loi de M. de Candolle : la largeur des rides est en raison directe de l'amplitude du frottement. Je n'ai pas d'objection à faire à l'idée fondamentale de cette loi; les expériences que M. de Candolle a répétées en ma présence m'ont convaincu de sa justesse. Mais pour écarter la contradiction apparente que je viens de signaler, je dois modifier un peu la forme de la loi de M. de Candolle et dire :

a Avec le même sable, dans le même bassin et par la même profondeur d'eau, la largeur des rides dépend de l'amplitude du balancement au moment de leur établissement.

b Les rides, une fois formées, ayant une largeur donnée, le décroissement d'amplitude du balancement n'a plus d'influence sur leur position et n'agit plus sur leur largeur.

Nous verrons plus loin que ce n'est pas seulement l'amplitude du balancement de l'eau, mais encore la vitesse des courants de balancement qui déterminent la largeur des rides; si l'amplitude étant la même, la vitesse était plus lente (dans un bassin plus long, par exemple), les rides seraient moins larges.

V. La vitesse des courants de balancement de l'eau a de l'influence non seulement sur la largeur des rides, mais encore sur la possibilité même de leur établissement. Lorsque les mouvements de l'eau sont trop lents, les courants de balancement ne peuvent pas soulever le sable, et il ne se produit pas de rides. Lorsqu'ils sont trop violents, trop tumultueux, le sable tout entier est

soulevé par l'eau, et, arraché du fond, il ne s'amoncelle pas en rides. Nous voyons ce dernier fait dans nos bassins à expériences, lorsque nous choisissons un sable trop fin qui reste en suspension dans l'eau en y formant des nuages, ou bien des poussières organiques trop légères; les uns et les autres ne se déposent en rides que lorsque le mouvement de balancement de l'eau se calmant, les corps en suspension descendent sur le fond, où il sont promenés par le balancement alternatif et amoncelés en rides parallèles.

Les rides ne se forment donc que lorsque les courants de balancement ont une intensité moyenne, qu'ils ne sont ni trop forts, ni trop faibles, étant données la grosseur et la densité du sable à mettre en mouvement; plus le sable est lourd et grossier, plus les courants doivent être violents pour développer la formation des rides.

Les rides de fond s'établissant ainsi dans une eau soumise à un mouvement d'oscillation fixe, la première idée qui se présente à l'esprit est de chercher l'existence de nœuds dans le mouvement du balancement, quelque chose d'analogue aux ventres et nœuds qui se développent sur une plaque en vibration, dans les figures dites de Chladni. Mais cette interprétation se réfute facilement par l'expérience suivante.

Dans une cuve où je détermine la formation des rides de fond en faisant balancer l'eau sur du sable fin, je dessine avec un crayon sur le fond du bassin la position exacte des sillons qui séparent les rides. Puis j'efface les rides et je répète l'expérience à diverses reprises, en employant chaque fois un crayon de couleur différente pour figurer le dessin des sillons. J'enlève alors l'eau et

le sable et je constate que la position des sillons a varié d'une fois à l'autre; qu'il n'y a rien de fixe dans cette position; que tantôt c'est une ride, tantôt c'est un sillon qui occupe un point donné sur le fond du vase. Il n'y a donc pas là la fixité absolue, caractéristique de la position des nœuds et ventres des mouvements d'oscillation fixe. Là n'est donc pas l'explication du phénomène.

Une observation fortuite m'a mis sur la voie de l'explication qui me semble satisfaisante et que je vais développer ici. Le 23 mai 1883 je réfléchissais au très intéressant mémoire de M. C. de Candolle et aux jolies expériences dont il a illustré l'histoire des rides de fond, lorsque je vis de nouveau un fait que j'avais déjà noté le 16 novembre 1878. Un tuyau cylindrique de ferblanc, de 12 centimètres de diamètre, reposait sur le fond de l'eau, dans le lac, devant mon jardin. Sur toute la longueur de ce tuyau, était couché un petit bourrelet de sable, parfaitement régulier, à arête tranchante parallèle à la longueur du cylindre (je le donne en coupe dans la fig. 4). C'était évidemment une ride de fond; mais dans quelle condition étrange! En étudiant de plus près cette apparition, je reconnus que la ride était en formation continuelle; que chacune des vagues de l'eau la déformait en transportant l'arête, tantôt un peu plus en avant, tantôt un peu plus en arrière (voyez fig. 5). Lorsque dans ses mouvements alternatifs, le courant d'eau de la vague transportait le sable d'avant en arrière, il enlevait une partie du sable sur la face antérieure de la ride, l'amenait par-dessus la crête, puis le laissait retomber en talus naturel dans le remous formé derrière cette crête; il y avait, à ce moment, production d'une petite dune, à talus

aplati sur la face antérieure, à talus incliné sur la face postérieure, et à arête se déplaçant d'avant en arrière (fig. 5 *a*); lorsque dans son mouvement de retour le courant d'eau marchait d'arrière en avant, le transport du sable avait lieu en sens inverse, et la dune se déplaçait dans le sens du nouveau courant, d'arrière en avant (fig. 5 *b*).

La *ride de sable* établie sur notre tuyau *était* donc *constituée par la superposition de deux dunes, formées alternativement par les courants en sens inverse qui balançaient au fond de l'eau.*

Comment au début le sable avait-il été porté sur le tuyau? Évidemment par une action analogue à celle de l'établissement des dunes. Les grains de sable soulevés par les courants de balancement des vagues ont été portés les uns après les autres jusqu'à la hauteur du replat du cylindre; ils sont tombés dans le remous développé derrière la partie saillante du tuyau, et dans ce lieu de repos, ils ont attendu que le courant de retour les ramenât de l'autre côté de l'arête. Et ainsi de suite, les grains se sont accumulés, amoncelés, jusqu'à ce que la ride ait été formée.

J'ai vérifié la justesse de cette interprétation en reproduisant le phénomène dans une cuve à expériences; j'ai placé sur le sable un cylindre de fer de 2 centimètres de diamètre, et j'ai bientôt vu s'étaler sur son sommet une ride de sable formée par le procédé que je viens de décrire.

Supposons donc sur le sable du fond de l'eau une série de cylindres parallèles saillants, il s'établira sur chacun d'eux une ride de sable; ces rides augmenteront de hauteur jusqu'à former les rides très aiguës et très

élevées que nous connaissons dans la nature. Et en réalité lorsque j'observe les mouvements du sable sur une ride déjà formée, je le vois se transporter des deux côtés de l'arête en constituant, comme sur mon tuyau de ferblanc, une dune qui, dans les mouvements alternatifs de l'eau, se déplace alternativement d'un côté à l'autre du centre de figure de la ride.

Voilà donc comment les rides se maintiennent et augmentent de hauteur. Mais comment apparaissent-elles?

Pour le rechercher, établissons dans une cuve à expériences un fond de sable parfaitement égal et uni; puis plaçons-y un obstacle quelconque. J'ai choisi un fil de plomb de 3^{mm} de diamètre, je l'ai posé sur le sable, transversalement à la longueur du bassin, et j'ai fait balancer l'eau. L'obstacle a été de suite le point de départ d'un système de rides. Le sable, transporté par les courants alternatifs de l'eau s'est accumulé sous forme de dune, tantôt devant, tantôt derrière cette crête immobile, et le fil de plomb a servi d'axe à une première ride; les matériaux de cette ride ont été pris dans le sable immédiatement avoisinant, et la ride médiane a bientôt été limitée par deux sillons parallèles, l'un en avant, l'autre en arrière; bientôt après se sont développées, de chaque côté, une ride externe à chacun de ces sillons, puis un nouveau sillon, puis une nouvelle ride, et ainsi de suite. Tout le système des rides s'est ainsi établi successivement dans le sable, en partant de l'obstacle artificiellement placé.

Mais n'était-ce pas un fait accidentel? N'y avait-il pas là simple coïncidence fortuite? — J'ai détruit les rides ainsi formées, et j'ai déplacé le fil de plomb en le posant

là où, dans l'expérience précédente, il y avait un sillon; le système des rides s'est reformé comme précédemment, la première ride ayant pour axe la tige de plomb, et étant ainsi située précisément là où, dans le cas précédent, il y avait un sillon. Tout le système des rides avait donc été déplacé de l'espace d'une demi-largeur de ride.

Une autre vérification du fait que l'obstacle est bien l'origine et le point de départ du système des rides, c'est qu'en faisant obliquer la tige de plomb, je puis faire obliquer dans le même sens et de la même valeur toutes les rides qui restent parallèles à la première ride et par conséquent à l'obstacle.

Un obstacle quelconque placé dans le sable est donc l'origine du système des rides, dont la direction et la position sont sous la dépendance immédiate de la position et de la direction de l'obstacle.

Ce n'est pas seulement par un obstacle saillant que l'on détermine ainsi la position et la direction des rides dans un bassin à expériences; un creux tracé dans le sable amène au même résultat. Seulement dans ce cas, la base du système des rides n'est pas une ride limitée par deux sillons, mais un sillon limité par deux rides. Les choses se passent dans ce cas exactement comme avec l'obstacle saillant de la tige de plomb. Il n'est pas du reste besoin que le creux soit bien profond : le sillon tracé par mon doigt, ou même par la pointe d'un crayon, suffit parfaitement pour déterminer la forme, la direction et la position du système des rides. L'expérience est très jolie et fort concluante.

Cette expérience nous montre la raison d'être de la loi qui relie la largeur des rides avec l'amplitude du mouve-

ment de balancement de l'eau. Quand notre fond de sable est bien uni et égal, les grains les plus superficiels sont tous transportés à la fois, sur toute la surface, par les courants alternatifs de l'eau. Ce qu'on peut appeler la *couche mobile* du sable se déplace, par un mouvement d'ensemble, d'une même longueur que nous désignerons par la lettre *l*. Dans un premier temps, elle est portée en avant de cette longueur *l*, dans un second temps elle est ramenée en arrière de la même longueur; s'il n'y avait pas d'obstacle, de remous à la surface du sable, à la fin du second temps, toute la couche mobile aurait repris sa place primitive. Mais par le fait de l'obstacle posé au milieu de notre plaine de sable, tous les grains qui, avant le premier temps, étaient situés derrière cet obstacle, jusqu'à une distance égale à *l*, étant transportés par-dessus l'obstacle, tomberont dans le remous causé par sa saillie et seront immobilisés; quand, dans le second temps, le courant de retour ramènera en arrière toute la couche mobile du sable, une partie restera, celle qui est arrêtée par l'obstacle. Il y aura donc déficit de matière; à la fin du courant de retour, il y aura formation d'un sillon, et ce sillon aura la largeur *l*. Ce sillon, à son tour, sera l'occasion de la formation d'une ride, dont la largeur sera de même égale à *l*, étant formée dans des circonstances analogues; et ainsi de suite. Ainsi s'expliquent, d'une part les relations de largeur des rides avec l'intensité du mouvement de balancement, et d'autre part l'équidistance des rides successivement formées par une action identique.

Cette analyse du phénomène nous permet de préciser, mieux que nous ne l'avons fait jusqu'à présent, la loi fondamentale de la largeur des rides. *La largeur des rides*, soit la distance d'une crête à l'autre, *est le trajet* l

que ferait, dans un mouvement de balancement, un grain de sable librement transporté par l'eau. On pourrait facilement démontrer que la longueur *l* de ce trajet dépend :

en fonction directe, de l'amplitude horizontale du balancement de l'eau ;

en fonction directe, de la vitesse du courant de balancement, qui entraîne d'autant plus facilement le sable qu'il marche plus rapidement ;

en fonction inverse, de la densité du sable ;

en fonction inverse, de la grosseur des grains [1].

Dans du sable où des grains de grosseurs et de densités différentes seraient mélangés, ce seront probablement les grains les plus lourds et les plus gros dont le trajet déterminera la largeur des rides.

De ces faits il résulte que les rides de fond sont dues à l'action des vagues superficielles du lac, qui se manifestent dans la profondeur par un mouvement de balancement de l'eau, ou, si l'on veut, par des courants horizontaux alternant dans leur sens ; que ces courants soulevant le sable tendent à la formation de dunes [2], mais que

[1] Nous expliquerons plus loin la contradiction apparente entre cette formule qui attribue aux rides une largeur d'autant plus grande que le sable est moins grossier, et la loi expérimentale que nous avons établie, et que nous confirmerons par l'étude des faits naturels ; cette loi dit que toutes choses égales, la largeur des rides est en raison directe de la grosseur des grains du sable.

[2] J'ai pu constater la justesse de cette interprétation, en observant les mouvements des grains de sable dans la cuve oscillante de M. C. de Candolle ; grâce à la lenteur des mouvements que l'on peut obtenir dans cet excellent appareil d'expérimentation, j'ai pu, mieux que dans mes bassins où l'agitation de l'eau est plus tumultueuse, suivre avec précision le transport du sable, et vérifier la formation de la ride par la superposition de deux dunes, alternati-

l'alternance dans la direction des courants change le type des dunes et le transforme dans le type des rides. Les éminences ainsi dessinées dans le sable ont une forme régulière, les deux talus étant symétriques, et elles présentent une immobilité fondamentale; la crête se déplace légèrement à la manière des dunes pendant la durée très courte de l'action de chacun des courants, mais elle est ramenée en arrière par le courant de retour.

L'origine théorique des rides doit donc être rapportée à la formation des dunes. Ainsi s'explique la ressemblance que nous avons constatée dans la répartition des matériaux. Dans les rides comme dans les dunes, ils se distribuent en ordre de grosseur le long des talus d'éboulement, les grains les plus fins restant au sommet, les plus grossiers descendant dans le fond. Seulement, par la reproduction cent fois répétée des mouvements qui agitent le sable, dans la formation des rides, la distribution des matériaux suivant leur grosseur est beaucoup plus parfaite dans les rides que dans les dunes.

Cette description des dunes que j'oppose aux rides se rapporte aux dunes parfaites, établies par l'action d'un courant continu, tel qu'il a lieu au fond d'une rivière, ou à l'air, par l'effet d'un vent continu et prolongé. Quant aux dunes du désert, des bords de l'océan ou des lacs, elles n'ont pas ordinairement la forme typique; l'alternance irrégulière des vents qui soufflent tantôt sur une face, tantôt sur l'autre, et cela sans aucune régularité dans les changements de direction, leur donne généralement une forme intermédiaire entre celle des dunes, telles que je les ai décrites, et celle des rides; elles se rappro-

vement établies par les courants successivement de sens opposé dans l'eau.

chent plutôt de cette dernière. C'est le cas pour la plupart des dunes que j'ai vues sur les bords de la Méditerranée, entre Cette et le Grau du Roi, et entre Cette et le cap Brescou, sur les bords de l'océan Atlantique, près de Bayonne et à Arcachon, et sur les bords du Léman, au fond du golfe de Coudré, où nous possédons un très joli champ de dunes qui couvrent quelques hectares de terrain. Le seul point où j'ai reconnu la forme typique des dunes dans ces formations aériennes, c'est entre la bouche de l'Adour et Biarritz; les premières dunes au bord de l'océan étaient manifestement formées, le 21 novembre 1882, par l'action continue des vents violents qui soufflaient sans cesse du large sur la terre.

Revenons maintenant aux phénomènes naturels des rides modelées sur le sable de notre lac, et voyons si l'observation confirme notre interprétation théorique.

Limite de profondeur des rides de fond. Les rides sont limitées à la région littorale et ne se développent plus au de-là d'une certaine profondeur.

Cette affirmation résulte de l'observation directe. En février 1878, j'ai profité de la période où les eaux du lac sont le plus transparentes, pour chercher la limite des rides sur les flancs du mont[1]. Grâce à la belle limpidité des eaux qui m'assurait la vision distincte jusqu'à 10 et 12 mètres de profondeur, j'ai constaté avec certitude cette limite en plusieurs points; j'ai vu les rides, bien visibles sur les talus du mont, cesser presque subitement, tellement qu'il n'y avait pas un demi mètre d'erreur

[1] On appelle *mont* le talus naturel du lac en avant de la plaine horizontale du littoral, connue dans notre lac sous le nom de *beine*.

possible sur le point où je reconnaissais cette limite. Je l'ai vue :

à Morges,	devant l'église	à $6{,}5^{m}$
»	devant le Beluard	7,0
»	devant la ruelle des Tanneurs	8,5
»	devant l'église catholique	9,1
à la pointe de la Venoge		7,3

A l'époque de ces observations, le lac était à la cote ZL + $1{,}170^{m}$. Il était par conséquent de 18 centimètres au-dessous de sa hauteur moyenne, et de 30 centim. au-dessus des plus basses eaux de la période actuelle. Nous pouvons donc dire que, près de Morges, la limite des rides est entre 6,2 et $8{,}8^{m}$ au-dessous du minimum de hauteur du lac.

En mars 1880, j'ai observé dans le Rhône, vers le pont de Bramois, près de Sion, en Valais, de jolies rides dessinées suivant la ligne de plus grande pente sur le sable fin des talus du fleuve. Ces rides s'arrêtaient brusquement à quelque vingt centimètres de profondeur; dans mes notes j'ai inscrit cette terminaison subite des rides comme montrant la limite d'action des vagues.

Mon affirmation se base aussi sur des expériences que j'ai faites dans le printemps de 1869. Égaré par des considérations théoriques erronées, je croyais pouvoir retrouver les rides à toutes les profondeurs dans le lac, et j'ai essayé de les constater dans les grands fonds. Pour cela j'ai attaché à mon fil de sonde une large plaque de tôle que j'enduisais de suif; au-dessus, un appareil convenable donnait un coup de marteau sur la plaque au moment où elle touchait le sol. Avec cet instrument j'ai pris de nombreuses empreintes du sol entre

30 et 100 mètres de fond; je n'y ai jamais vu trace d'une ride de fond[1]. Cette preuve négative confirme les observations positives que je viens de citer.

Le fait d'une profondeur limite des rides résulte aussi des faits géologiques. Les rides de fond, très fréquemment dessinées sur les grès et mollasses qui sont des formations littorales, manquent sur les marnes, calcaires et argiles qui sont des formations profondes (Ph. de la Harpe[2]).

Je considérerai donc comme démontré que les rides de fond sont limitées à la région littorale, qu'elles s'arrêtent à une faible profondeur, laquelle dépend évidemment de la puissance des vagues. Dans le Rhône où les vagues sont peu fortes, la profondeur limite est de quelques décimètres; dans le lac Léman où les vagues sont plus énergiques, la limite descend à une dizaine de mètres; Dans l'océan où les vagues atteignent leur maximum, on constate les rides jusqu'à 20 mètres, d'après Ch. Lyell, à 188 mètres, d'après Siau. Je conclurai donc que les rides indiquent la limite de l'action effective des vagues superficielles ; qu'au delà du point où les rides s'arrêtent, les vagues de la surface n'agitent plus assez le fond pour soulever le sable et l'accumuler en dunes ou en rides.

Largeur des rides. J'appelle largeur des rides la distance qui sépare les arêtes de deux rides voisines.

Les rides de fond varient de largeur dans des limites assez étendues; depuis 2 à 40 centim., je connais dans notre lac toutes les dimensions intermédiaires[3].

[1] Par un procédé analogue, Siau a constaté des rides de fond jusqu'à 188^m de profondeur dans l'Océan atlantique.

[2] *Bull. Soc. vaud sc. nat.*, XV, 68, P. V. Lausanne, 1878.

[3] Ainsi que le savent tous les pêcheurs, la grandeur apparente

La largeur des rides dépend essentiellement de la nature du sol. Là où le sol est vaseux, comme sur les talus du mont, ou certaines anses de la beine, les rides sont le moins larges; là où le sable est fin elles ont une largeur moyenne; là où le sable est grossier, elles ont le maximum d'espacement. Un fait démonstratif à ce point de vue, c'est la fixité des mêmes dimensions des rides dans la même localité. Je connais, par exemple, à côté des ruines de la grande cité lacustre de Morges, un point où le sable, très grossier, présente de grandes rides de 38 centimètres de largeur; je les connais depuis l'année 1854, époque de nos premières pêches d'antiquités, je les ai revues fréquemment, et j'ai constaté qu'elles ont toujours conservé les mêmes dimensions extraordinaires. — Sur le banc du Travers, près de Genève, il y a de même un groupe de grandes rides que j'ai retrouvées à deux reprises, à bien des années d'intervalle.

De ces observations il semblerait résulter que l'intensité des vagues a bien peu d'influence sur la largeur des rides; que la nature du sol est le seul facteur important. Et, dans le fait, quelque violentes qu'aient été les vagues, je n'ai jamais observé, après la tempête, de variations importantes dans la largeur des rides, dans les localités où je les observe habituellement.

Nous avons vu cependant, d'après mes expériences en bassin clos, que la largeur des rides dépend du trajet

des objets placés dans l'eau sous une couche de quelques mètres dépasse de près d'un tiers leur grandeur réelle; cette illusion s'explique par la réfraction des rayons lumineux à leur sortie de l'eau. L'on attribue ainsi volontiers aux rides de fond une largeur trop forte, si l'on n'a pas la précaution de prendre une mesure exacte, à l'aide d'un mètre descendu dans l'eau, ou d'opérer une correction à l'appréciation faite au juger.

parcouru par les grains du sable dans les mouvements de balancement de l'eau ; que ce trajet est en fonction directe de l'amplitude de l'oscillation, et de la vitesse du courant de balancement, et en fonction inverse du volume et de la densité des matériaux. Comment se fait-il que dans la nature, dans le lac, la largeur des rides soit uniquement en relation avec la constitution du sol, sans que l'intensité des vagues semble y entrer en rien ; comment les sables les plus grossiers donnent-ils les rides les plus larges ? Cela semble en contradiction avec la loi que je viens de rappeler.

Cela s'explique par l'intervention d'un autre fait que nous avons signalé plus haut, à savoir que les rides ne s'établissent pour chaque grosseur de sable que par une intensité moyenne d'oscillation ; que pour chaque grosseur de sable, les courants trop faibles ne déplacent pas les grains, que des courants trop forts les soulèvent trop et les tiennent en suspension dans l'eau. Plus le sable est grossier, plus cette intensité relative des courants, qui peut permettre l'établissement des rides, doit être forte ; ce ne sont que de très puissantes vagues qui peuvent soulever le gros sable de certaines plages du littoral du lac.

Par conséquent, pendant une violente tempête, les sables très grossiers peuvent être établis en rides au moment des plus fortes vagues ; pendant ce temps, les sables plus légers sont bouleversés et soulevés comme des poussières qui salissent l'eau. Ce ne sera que plus tard, lorsque les vagues auront diminué d'intensité que les rides se dessineront sur les sables moyens, et seulement enfin, lorsque les vagues seront devenues très faibles, que les sables les plus fins et la vase se déposant sur le fond, les rides commenceront à s'y développer.

Ainsi à chaque grandeur des vagues correspond une grosseur du sable qui peut être modelé en rides ; pour les autres grosseurs l'effet des mêmes vagues est ou nul ou trop violent, il n'est pas efficace. Quand à la largeur des rides qui s'établiront ainsi, elle sera déterminée, comme nous l'avons vu plus haut, par le trajet des grains de sable soulevés dans le mouvement de balancement de l'eau.

D'une autre part, comme l'intensité des vagues va en décroissant dès la surface de l'eau vers la profondeur, à mesure que la profondeur augmente, les vagues ne sont plus capables de soulever que des sables de plus en plus légers. Aussi voyons-nous en général la largeur des rides diminuer à mesure que la profondeur augmente; les rides que j'ai vues à l'extrême limite, sur les flancs du mont, étaient fort étroites.

Ainsi se résout d'une manière satisfaisante la contradiction apparente qui nous arrêtait; ainsi s'explique la relation constante observée dans le lac entre la largeur des rides et la nature du sol.

La largeur des rides peut être bien plus considérable dans l'océan que dans notre lac; les vagues plus puissantes sont capables de soulever un sable bien plus grossier, et de le modeler en rides bien plus larges. M. Hunt a mesuré dans la baie de Brighouse, sur la côte de Kirkcudbright, des rides de 75 centim. d'une crête à l'autre.

Direction des rides. Dans un bassin à expériences, l'orientation des rides est en général telle que les crêtes des rides sont perpendiculaires aux courants de balancement de l'eau; dans la nature, lorsque l'on peut étudier la formation des rides, on les voit de même être orientées

perpendiculairement à la direction des vagues, ou parallèlement à leurs crêtes.

J'ai au sujet de la direction des rides deux bonnes séries d'observations,

En février 1878, j'ai profité de quelques beaux jours pour dessiner sur ma carte du golfe de Morges la direction des rides, partout où elles étaient évidentes. J'ai reconnu, une fois la carte établie que, d'une manière générale, cette direction correspondait à peu près à celle des crêtes des vagues de *sudois* (vent du sud-ouest), les plus grandes vagues qui viennent battre notre plage ; les rides s'infléchissaient comme le font ces vagues, en tendant à devenir parallèles à la ligne accidentée du rivage. Il y avait cependant de nombreuses exceptions, surtout près de la rive; dans les points où le fond vaseux était recouvert de petites rides très étroites, celles-ci présentaient souvent des directions fort aberrantes; elles semblaient du reste de formation plus récente que les grandes rides du sable de l'ensemble de la beine.

Dans une autre série d'observations j'ai noté pendant tout un hiver la direction des rides, sous le débarcadère des bateaux à vapeur de Morges, qui s'avance fort en avant dans le lac et domine un fond de sable vaseux où les rides s'établissent très bien :

Le 18 janvier 1877, je note et dessine la direction des rides dont la crête est orientée N.E.-S.O., presque parallèlement aux crêtes des vagues de *vaudaire ;*

24 janvier. L'orientation des rides n'est pas modifiée, et cependant de fortes vagues de *bise* (vent du N.-E.), ont agité le lac les 21 et 22 janvier; la crête des vagues était orientée N.N.O.-S.S.E ;

28 janvier. Même direction générale des rides. Il a

régné le 26 et le 27 janvier de grosses lames de *vaudaire* (vent E.S.E.), dont les crêtes étaient dirigées N.N.E.-S.S.O., à peu près parallèles à celles des rides;

1er février. De fortes vagues de *sudois* (vent de S.S.O.) ont agité le lac depuis le 28 janvier : la crête des lames était dirigée E.-O. Rien n'est changé à l'orientation des rides ;

12 mars. Même direction des rides, malgré la forte bise du 11 mars;

20 mars. Même direction des rides ; elles sont un peu effacées, les sillons tendent à se combler;

25 mars. Même orientation; les rides sont plus saillantes et mieux dessinées ;

25 avril. Même orientation des rides [1].

Pendant les trois mois que ces observations ont duré, les rides n'ont pas été sensiblement modifiées dans leur direction, alors même que les vagues de bise, de vaudaire et de sudois ont frappé dans trois orientations différentes.

La direction des vagues n'aurait-elle aucune influence sur l'orientation des rides ? Étudions ce point plus attentivement.

D'une part M. de Candolle a posé en loi que les rides de fond s'établissent perpendiculairement à la direction des courants de frottement oscillatoire de l'eau.

D'une autre part, j'ai vu qu'en traçant sur le sable d'une cuve à expériences une ligne oblique, ou en plaçant un obstacle oblique, même à 45° de la direction du plan de balancement, j'obtiens un système de rides ayant la même obliquité que la ligne initiale. Il est vrai que, si

[1] Le 23 juin 1883, les rides que j'étudiais en 1877 sont complètement effacées, et je n'en puis pas voir de traces assez nettes pour soupçonner leur dernière orientation.

je continue à faire balancer l'eau assez fortement, ces rides obliques ne tardent pas à se découper en escalier, et à se reconstituer en un système de rides perpendiculaires au plan du balancement; sous ce rapport je me rapproche du naturaliste genevois. Mais cette transformation dans l'orientation des rides n'a lieu que lorsque le balancement est assez fort pour bouleverser presque complètement le sable. Si le mouvement est faible et fait seulement osciller légèrement la crête des rides, il n'y a pas déformation et l'on peut faire balancer l'eau pendant longtemps sans changer notablement l'orientation des rides.

A la lumière de ces expériences j'interpréterai, comme suit les faits observés dans le lac, devant Morges. Les rides de fond sont établies par des vagues puissantes qui remuent énergiquement le sol, vagues de sudois dans l'ensemble du golfe de Morges (carte de février 1878), vagues de vaudaire sous le débarcadère des bateaux à vapeur (observations de 1877); leur direction est parallèle à la crête des vagues de l'eau. Une fois établies, ces rides persistent jusqu'à ce que des vagues d'intensité suffisante viennent de nouveau bouleverser le sol. Les vagues plus faibles, qui soulèvent parfois assez la vase pour salir l'eau, peuvent bien remuer un peu le sable et rafraîchir l'acuité des crêtes des rides; mais elles n'ont pas assez de puissance pour modifier sensiblement l'orientation des rides.

On pourrait tirer une conclusion pratique de ce dernier fait: si dans une couche géologique on peut déterminer l'orientation des rides de fond, on en déduira la direction probable des plus fortes vagues qui agitaient le littoral au moment où ces rides ont été formées.

Le long du mur d'un quai, les rides de fond sont en général parallèles à ce mur. Une fois, le 7 février 1879, j'ai vu immédiatement contre le quai de Beau-Rivage, à Ouchy, des rides perpendiculaires à ce mur, sur un espace de 50 centim. de largeur, les rides parallèles reprenant plus en avant.

Un obstacle saillant au milieu d'une plaine de sable, un pilotis, un bloc de pierre, modifient localement la direction des rides. Je me bornerai à donner comme exemple le croquis, fig. 6, dessiné le 25 janvier 1879, des rides qui entouraient un groupe de blocs erratiques situé à côté du débarcadère d'Ouchy, sous 1^{m}5 d'eau. Dans ce croquis, les rides dessinées en traits pleins ont été fidèlement copiées d'après nature; la partie pointillée donne seulement la direction générale des rides, une brise s'étant levée pendant que j'exécutais mon dessin, et m'ayant empêché de suivre avec soin le détail de chaque ride. D'après ce croquis la direction des rides était en général perpendiculaire aux faces des pierres.

Rides anormales. Dans les rides normales l'arête est simple, et elle est limitée de chaque côté par un sillon unique qui est commun aux deux rides voisines.

Quelquefois la forme se complique par l'apparition d'une ride secondaire, peu saillante au milieu du sillon, de telle manière qu'une ride de grande taille et bien marquée alterne avec une petite ride peu élevée (fig. 7). J'ai observé ce fait le 11 février 1878, au milieu de la beine de Morges par 4 mètres de fond, près du bord du mont; depuis lors j'ai vu de nouveau plusieurs fois ce type et en examinant le moulage du 5 janvier 1869 dont j'ai parlé plus haut, j'y retrouve des traces de cette anomalie (fig. 3 *a*).

Dans mes bassins à expériences, j'ai surpris la formation de ce type anormal. Lorsque j'ai déterminé, dans du sable de grosseur peu uniforme, de larges rides par un balancement énergique de l'eau, si je modère le balancement, le sable le plus fin peut se disposer en rides dont la largeur est moitié moindre que celles du sable plus grossier : au milieu du sillon des grosses rides il s'établit une petite ride moins élevée, et formée de matériaux plus fins et plus légers que les grosses rides qui le bordent.

Le 7 avril 1875, j'ai observé sous le pont du Rhône de Riddes en Valais, des rides de fond à arête double, dessinées sur le sable perpendiculairement à la ligne du rivage (fig. 9). Ce type anormal pourrait peut-être s'expliquer, si l'on admettait que des matériaux très fins et légers comme la terre dans mon observation de Massongex (voir plus haut) avaient formé l'arête d'une ride simple, et que plus tard, cette terre ayant été lavée par l'eau, il n'était resté que le sable plus lourd ou plus adhérent.

Le 8 février 1878, j'ai noté à Ouchy, devant le quai qui s'étend de Beau-Rivage aux Bains publics, deux ou trois rides parallèles au mur du quai, qui présentaient une arête triple (fig. 8). Je ne sais pas expliquer cette forme.

Enfin j'ai vu deux ou trois fois, entre autres dans le port de Rolle, le 16 novembre 1878, un double système de rides dirigées à angle droit l'un de l'autre (fig. 10). Un des deux systèmes de rides était complet, et formé de belles rides larges et bien modelées ; le second système était incomplet et remplissait seulement, de ses arêtes et de ses sillons, les sillons du premier système. J'interprète ces rides compliquées de la manière suivante. De fortes vagues avaient dessiné sur le sable les rides régulières

du premier système. Plus tard, de la vase légère s'est déposée au fond des sillons de ce premier système. Puis des vagues moins puissantes dirigées perpendiculairement aux premières sont survenues ; elles n'ont pu bouleverser assez le sol pour effacer les rides du premier système, mais elles ont pu soulever la vase accumulée dans les sillons et y dessiner le second système des rides.

Ajoutons pour terminer que souvent, dans le lac ou les rivières, on voit des rides présenter d'une manière incontestable l'apparence des dunes, les deux talus étant différemment inclinés. Ce fait s'explique facilement par l'intervention d'un courant continu qui, s'emparant des rides précédemment modelées par les vagues, les transforme en dunes, en entraînant le sable dans une direction constante. Grâce à la combinaison des courants et des vagues, on peut comprendre qu'il y ait dans une eau dormante, comme un lac ou une mer, tous les intermédiaires possibles entre les dunes et les rides.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LE SYSTÈME DE SATURNE

D'après des observations faites avec l'équatorial Plantamour pendant l'opposition de 1881

PAR

M. Wilhelm MEYER
Astronome de l'Observatoire de Genève.

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 5 juillet 1883.

Le mémoire dont le présent article donne un aperçu n'est pas encore entièrement terminé en ce moment. C'est une reprise des recherches sur Saturne que j'ai eu l'avantage de publier dans les *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*,en 1881 ; mais le travail actuel est basé sur un nombre beaucoup plus grand d'observations et celles-ci sont organisées de façon à éviter certaines erreurs, qui se sont probablement introduites dans ma première série faite à l'aide de notre grand instrument. Enfin la théorie dont je me suis servi pour tirer les résultats de ces observations est la plus rigoureuse connue et non pas une méthode approximative comme celle que j'avais imaginée pour ma première série de mesures micrométriques sur les satellites.

Le premier chapitre du mémoire contiendra une des-

cription détaillée du grand équatorial, instrument employé pour les recherches qui suivent.

La seconde partie du travail s'occupe de l'examen de la vis micrométrique employée. Il fallait d'abord déterminer la valeur d'un tour de vis en secondes d'arc, ce que j'ai fait d'après trois méthodes différentes : par 79 passages d'étoiles polaires derrière le fil mobile; par 150 passages d'étoiles équatoriales derrière le système fixe des fils, et des ajustements successifs du fil mobile sur les fils fixes; et finalement par 29 séries de 6-8 mesures de la différence en déclinaison de huit couples différents d'étoiles, très bien connues et dont la distance était environ 10′. Les trois méthodes donnent la valeur d'une partie du tambour de la vis micrométrique respective :

Étoiles polaires..... 1 p. = $0''.99581 \pm 0''.00032$
Étoiles équatoriales.. 1 p. = 0.99579 ± 0.00024
Déclinaisons........ 1 p. = 0.99640 ± 0.00074

Et l'on trouve, en combinant ces trois résultats en raison inverse du carré de leurs erreurs moyennes, la valeur définitive d'une partie de la vis :

$$1 \text{ p.} = 0''.995835 \pm 0''.000104$$

Ainsi l'incertitude sur une mesure micrométrique d'un angle de 4′, — le maximum dans les recherches qui suivent, — est $\pm 0''025$, en ce qui concerne la conversion des valeurs directement observées en valeurs absolues.

Les inégalités des différents pas de vis ont été étudiées au moyen d'un microscope spécialement approprié à ces recherches. On a trouvé que les inégalités pour des inter-

valles d'une minute d'arc s'évaluent à $\pm 0''.04$ en moyenne, mais qu'elles ne sont pas distribuées le long de la vis d'après une loi, de sorte qu'on pourra les ranger dans une même classe avec les erreurs accidentelles de l'observation même, et par conséquent les négliger dans les réductions.

Les observations pour chercher les inégalités des pas de vis ont été répétées trois fois à trois températures différentes, de 3°, 14° et 25°. La moyenne de chaque série donnait la valeur des pas de vis en parties d'une distance fixe prise entre deux fils dans le microscope, et l'on a trouvé que les variations de température n'étaient d'aucune influence sur l'évaluation de cette distance fixe par les pas de vis. On pourra donc de même négliger, dans les réductions des observations, l'influence des variations de température sur l'appareil micrométrique employé dans la série d'observations dont nous allons nous occuper.

Un autre chapitre du travail traite des mesures micrométriques sur les dimensions des anneaux de Saturne. Cette série est bien plus complète que celle que j'ai publiée dans mes premières « recherches sur Saturne, » et le mode d'observation employé pour cette nouvelle série donne certainement plus de garantie contre des erreurs systématiques qui sont à craindre dans ce genre d'observations très délicates.

Je donne ci-dessous les résultats de ces mesures, en les confrontant avec les résultats obtenus en 1880.

Je trouve les dimensions de Saturne, vues d'une distance de 9.5389 de Saturne à la Terre :

	1880	1881	Différence.	±	Nombre de soirées.
Diamètre extérieur du système	40.43″	40.35″	—0.08″	0.038″	22
Diamètre au milieu de la séparation de Cassini......................	—	34.48	—	0.098	4
Diamètre intérieur des anneaux brillants	26.30	26.05	—0.25	0.059	21
Diamètre intérieur de l'anneau sombre.	21.15	21.13	—0.02	0.085	5
Distance entre l'extrémité de l'anneau et la planète à l'ouest...........	11.59	11.34	—0.25	0.026	20
La même distance à l'est...........	11.41	11.30	—0.11	0.038	20
Diamètre équatorial de la planète....	17.40	17.77	+0.37	0.028	21
Diamètre polaire de la planète......	16.18	16.12	—0.06	0.055	20
Aplatissement	$\frac{1}{14.5}$	$\frac{1}{10.7}$	—	—	—
Petit axe de l'anneau le 26 octobre...	—	14.19	—	0.065	10

La première colonne de ce tableau contient les résultats de mes mesures faites en 1880, et qui ont été publiés dans les *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle.* Ces chiffres diffèrent pourtant de quelques centièmes de secondes de ceux indiqués dans le travail que je viens de citer, par suite de la valeur des pas de la vis que j'avais adoptée en 1880, un peu différente de celle d'aujourd'hui, après une série plus complète de comparaisons de cet élément instrumental avec le ciel.

La seconde colonne donne les résultats obtenus en 1881, suivis de la différence de ces derniers avec les mesures de 1880.

La quatrième colonne renferme les erreurs moyennes respectives des séries d'observations faites en 1881, et la dernière, enfin, le nombre des soirées consacrées à ces mesures. Dsns chaque soirée dix ajustements ont été faits pour chaque dimension à déterminer, de sorte que les chiffres contenus dans le tableau qui précède sont le résultat de 1430 mesures spéciales.

Le diamètre extérieur du système se trouve jusqu'à 0″.08 près le même que celui déterminé par les mesures de 1880, mais le diamètre intérieur des anneaux brillants est trouvé, en 1881, de 0″.25 plus faible qu'en 1880. L'observation de ce dernier diamètre ne pouvait pas se faire avec la même précision que celle des autres dimensions du système, parce que les contours intérieurs de l'anneau ne se présentaient jamais bien nettement; l'anneau semblait plutôt se dissoudre graduellement pour former ensuite l'anneau sombre qui est sa continuation intérieure.

Ce dernier se terminait, par contre, toujours très nettement du côté intérieur, de sorte que les mesures micrométriques de cet objet délicat, répétées pendant cinq soirées, s'accordent remarquablement bien ensemble. Aussi, les quelques mesures que j'avais faites de cette dimension en 1880, coïncident jusqu'à 0″.02 près avec mes derniers résultats.

Dans cet anneau sombre, découvert en 1850 avec une lentille de 15 pouces, à Cambridge en Amérique, M. Otto Struve, directeur de l'observatoire de Poulkowa, a pu voir une séparation, une ligne noire, que peu d'autres observateurs ont vue après lui. Je tiens à constater ici que je n'ai jamais remarqué cette division, mais que d'un autre côté mon attention n'a jamais été tout spécialement dirigée sur cette particularité.

En 1880 j'avais trouvé que la position des anneaux brillants était un peu excentrique par rapport au centre de la planète. L'asymétrie était faible, mais dépassait pourtant les erreurs moyennes dont le résultat était affecté. En 1881, je me suis souvent occupé de cette question et j'ai mesuré avec toute la précaution possible la distance entre le bord extérieur de l'anneau et celui de la

planète, des deux côtés. J'ai pris soin surtout de mesurer toujours les deux côtés avec la même partie de la vis micrométrique, pour éviter une différence qui pourrait résulter d'une inégalité des pas de vis, une cause d'erreur non éliminée dans les observations de 1880; et le résultat de 20 soirées d'observations de ces deux dimensions, c'est-à-dire de 400 ajustements du micromètre, est que cette asymétrie n'existait plus pendant l'époque de mes observations de 1881, la différence entre les deux côtés étant de 0″.04 seulement, quantité entièrement comprise dans l'incertitude du résultat. Reste à savoir maintenant si cette asymétrie, indiquée dans les observations de 1880, existait alors réellement, ou s'il s'agit ici simplement d'une erreur constante dans les observations. La première manière de voir est parfaitement admissible à un point de vue théorique. Nous sommes portés à croire que l'anneau, étant composé d'une multitude de petits satellites, n'est pas orienté d'une façon absolument symétrique autour de la planète, comme aussi les orbites des satellites sont elliptiques et non pas circulaires. Mais dans ce cas, le périsaturnium de l'anneau doit avoir un mouvement très rapide par suite de l'influence de l'aplatissement de Saturne, et la moyenne des mesures faites pendant une opposition de la planète peut seulement donner la position moyenne de l'anneau par rapport à la planète pendant l'époque respective. Il est donc parfaitement possible que cette position moyenne soit symétrique au centre de la planète pour une première série d'observations, et qu'elle ne le soit plus pour une autre. Le mouvement du périsaturnium de l'anneau, provenant de l'attraction spéciale des parties équatoriales de la planète, peut se calculer pour une excentricité donnée du premier, et il serait

très intéressant de traiter à ce point de vue un grand ensemble d'observations pour rechercher quelle est, en réalité, la longueur de cette période.

Le diamètre équatorial de la planète se trouve pour la série de 1881 passablement plus grand qu'en 1880. Cette différence provient évidemment surtout d'erreurs constantes dans les observations de 1880, qui ont été faites pour cette dimension d'une manière toute différente dans l'une et dans l'autre série. Les détails sur le mode d'observation, etc., seront donnés dans le mémoire que je prépare actuellement; ici je me borne à émettre ma conviction que toutes les observations de 1881 méritent beaucoup plus de confiance que celles de 1880 et qu'une combinaison des deux séries dans une moyenne générale ne me paraît pas admissible.

Le diamètre polaire est, pour 1881, presque identique avec celui de 1880. La différence est 0".06. Cette coïncidence parle en faveur du mode d'observation employé en 1881, qui avait été aussi adopté en 1880 pour cette dernière dimension.

La combinaison des deux diamètres, trouvés en 1881 et corrigés, soit pour la phase de la planète, soit pour la projection dans laquelle on voit le diamètre polaire du sphéroïde, donne l'aplatissement du globe de Saturne égal à 1/10.7, valeur beaucoup plus probable que celle trouvée en 1880, si on la compare avec les résultats d'autres observateurs, surtout Bessel qui avait trouvé par un grand nombre d'observations avec l'héliomètre de Kœnigsberg, 1/10.2 pour l'aplatissement de Saturne.

Je dois mentionner ici l'observation d'une particularité intéressante du système des anneaux, sur laquelle M. le professeur Schiaparelli, à Milan, avait dirigé mon attention.

Ce savant m'adressa, en date du 28 novembre, une lettre dans laquelle il me pria d'examiner attentivement la partie de l'anneau extérieur, qu'on appelle la ligne de Encke ou de Kater. C'est une trace dans l'anneau au delà de la grande séparation de Cassini, qui est plus sombre que son entourage, mais d'une extrême finesse et par conséquent difficile à voir. M. Schiaparelli me communiqua qu'il remarquait depuis ces derniers temps, que cette ligne se trouve plus près du bord extérieur du système d'un côté de l'anneau que de l'autre, sans pourtant me dire dans quelle direction il voyait cette excentricité et à combien il l'avait évaluée. Le 30 novembre j'écrivais dans mon carnet d'observations ce qui suit : « Je vois souvent très distinctement la séparation d'Encke. J'estime que du côté ouest elle se trouve plus près du bord extérieur de l'anneau extérieur, de sorte que celui-ci se trouve divisé à peu près dans le rapport de deux tiers à un tiers. Du côté opposé (est) elle est à peu près à distance égale du bord extérieur et de la séparation de Cassini. » Je remarquai absolument la même chose le 3 et le 6 décembre. Après avoir communiqué ces observations à M. Schiaparelli, celui-ci m'écrivit que j'étais en parfait accord avec lui quant au sens et à la quantité de cette asymétrie et il publia un article à ce sujet dans les *Astron. Nachrichten*, n° 2430 (Sopra alcune osservationi fatte in Saturno ed in Marti). Pourtant dans un autre article, intitulé : « Gli annelli di Saturno, » et tout dernièrement publié dans les *Astr. Nachr.*, n° 2521, le savant de Milan dit qu'en 1882 l'aspect de cette ligne et son défaut de symétrie lui paraissait beaucoup moins marqué, mais que l'état de l'atmosphère était moins favorable qu'en 1881. A Genève, les observations avec le grand équatorial furent inter-

rompues pendant l'automne de 1882, par suite de réparations à faire à la coupole. Mais il y a dans cette intéressante question au moins une chose prouvée, c'est que cette séparation de Encke était en 1881 asymétrique par rapport aux limites de l'anneau extérieur, et que cette situation excentrique est restée constamment dans la même position pendant plusieurs mois. C'est cette dernière particularité de la direction constante de cette excentricité qui est d'un intérêt spécial pour la question de la constitution physique des anneaux. Car, en considérant que l'anneau doit faire une fois le tour de la planète en 13 heures environ, cette excentricité devrait de même occuper toutes les directions dans ce même intervalle de temps, si chaque anneau consistait en une matière solide permettant seulement un même mouvement dans toutes ses parties. Il faut donc admettre que les anneaux de Saturne sont composés d'une multitude de petites particules ou satellites, dont chacun se meut autour du centre de gravité, commun à tout le système, d'après les lois de Kepler, donc avec des vitesses différentes suivant leurs distances au centre. Dans certaines parties des anneaux, la plupart de ces petits satellites décrivent des ellipses dont les excentricités sont distribuées de façon à former dans leur ensemble un anneau séparé, d'une situation un peu asymétrique aux autres parties; en d'autres termes, dans ces parties, les périsaturniums de la plupart des satellites composant l'anneau, se trouvent dans la même direction. Ce périsaturnium est aussi soumis à un mouvement, par suite des perturbations des satellites plus considérables au delà des anneaux et de même par l'influence de l'aplatissement du globe de Saturne. Nous n'avons pas encore à notre disposition les données nécessaires pour éva-

luer cette influence perturbatrice; mais il y a lieu de croire que ce mouvement ne change pas très considérablement la position excentrique des anneaux dans le courant de quelques mois d'observations, mais pourra pourtant changer l'aspect du système vu de chez nous dans un intervalle d'une année. Ceci est probablement la cause des divergences entre les différents observateurs et les différentes séries d'observations des mêmes astronomes.

Une autre preuve encore plus forte, à mon avis, de l'idée que les anneaux sont constitués d'une multitude de satellites se mouvant indépendamment les uns des autres, est fournie par les considérations suivantes. La théorie de l'attraction universelle démontre d'une manière parfaitement exacte que, dans un système quelconque, deux planètes tournant dans le même sens autour d'un centre commun de gravité, ne pourraient pas exister, si leur temps de révolution autour de ce centre était dans un rapport commensurable; si, par exemple, une de ces planètes avait un temps de révolution exactement deux fois, trois fois, quatre fois, etc., plus long que l'autre. Dans ce cas, les perturbations mutuelles de ces deux corps devraient s'accumuler continuellement dans le même sens, et en peu de temps elles changeraient complètement le caractère de l'orbite. Si les temps de révolutions sont seulement à peu près commensurables, les perturbations sont du moins très considérables et de longues périodes, comme par exemple les perturbations entre Jupiter et Saturne. La dernière planète fait deux fois le tour de son orbite dans à peu près le même temps que Jupiter accomplit cinq révolutions. Si maintenant le système des anneaux de Saturne est composé de particules, se mouvant seulement sous l'influence de l'attraction du système et indépendamment les unes des autres, les huit grands satellites de

Saturne, en dehors du système des anneaux, doivent avoir une influence perturbatrice sur ces derniers, et cette influence doit surtout se faire remarquer dans les régions où les particules des anneaux se meuvent, d'après la loi de Kepler, avec une vitesse dont le rapport avec celle du satellite perturbant est représenté par un nombre entier. L'influence sera telle que les particules arrivant dans une de ces régions, ne pourront pas y rester longtemps, mais se rapprocheront du satellite, en laissant un vide dans la partie considérée. Or, je trouve qu'une particule tournant exactement quatre fois plus vite que Mimas, le satellite le plus rapproché de l'anneau, devrait avoir une orbite dont le demi grand axe serait de 10″.56; un corps tournant 6 fois plus vite que Encelade aurait une distance de 10″.43; le même calcul fait pour 8 fois la vitesse de Thétys, donne comme distance 10″.66; 12 fois Diane = 10″.43; 19 fois Rhéa, 10″.72; 68 fois Titan, 10″.46. Toutes ces six distances sont presque identiques, leur moyenne est 10″.54. Cette distance diffère seulement de 0″.02 du chiffre que j'ai trouvé pour la distance de la limite intérieure de l'anneau sombre au centre de la planète (10″.56). Je considère donc comme prouvé par la coïncidence des six distances trouvées de la manière indiquée avec le rayon intérieur du système des anneaux, que l'extension de ce dernier est limitée par les influences perturbatrices de ces six satellites, de façon que les particules, composant l'anneau sombre et tournant chacune séparément autour de leur centre de gravité, seraient éloignées d'une manière continue de ce dernier en arrivant à cette limite, qu'elles ne peuvent donc pas dépasser.

En faisant le même calcul dans les suppositions suivantes sur la vitesse des particules, on arrive à la distance moyenne de la séparation de Cassini : On a pour

2	fois	Mimas....	= 16″.76
3	»	Encelade..	= 16.58
4	»	Téthys...	= 16.93
6	»	Diane....	= 16.55
9	»	Rhéa.....	= 17.64
33	»	Titan.....	= 17.19
		Moyenne..	= 16.94

Mes mesures micrométriques donnent pour la distance du milieu de la séparation cassinienne au centre de la planète, 17″.24, mais on peut estimer qu'elle s'étend au moins de 17″.00 jusqu'à 17″.4, sa largeur n'étant guère inférieure à une demi-seconde d'arc. On voit donc que les influences perturbatrices de ces six satellites se réunissent principalement à la limite intérieure de cette séparation, qui est en effet beaucoup plus nettement tranchée que la limite extérieure, laquelle semble être formée par les perturbations de Rhéa et de Titan, agissant moins sur les particules par suite de leur distance plus grande à l'anneau.

En recherchant de cette façon encore toutes les combinaisons possibles de commensurabilité, des révolutions des satellites avec celles des particules dans l'anneau, j'ai obtenu le petit tableau suivant, qui donne une image de l'anneau construite absolument par le calcul :

	Mimas	Encelade	Téthys	Dione	Rhéa	Titan	Moyennes	Observat.	C—O
Limite intérieure de l'anneau sombre	4	6	8	12	19	68	10″.54	10″.56	—0″.02
Séparation de Struve dans l'anneau sombre............	—	5	7	10	17	59	11.79	11.69	+0.10
Limite intérieure des anneaux brillants................	3	4	6	8	14	50	13.21	13.02	+0.19
x.................. ...	—	—	5	7	12	42	14.68	—	—
Séparation de Cassini.......	2	3	4	6	9	33	16.94	17.24	—0.30
Séparation de Encke........	—	—	—	5	8	29	18.84	18.95	—0.11
Limite extérieure du système.	—	—	3	—	7	26	20.51	20.16	+0.35

Dans ce tableau, les nombres dans les colonnes pour les satellites indiquent le chiffre par lequel j'ai multiplié la vitesse du satellite respectif dans son orbite, pour obtenir, d'après la loi de Kepler, une distance

$$a = a_1 \sqrt[3]{\frac{v_1^2}{v^2}}$$

où a_1 est pris égal au rayon de l'orbite de Titan, d'après mes observations à citer plus tard ; v_1 la vitesse de Titan dans son orbite, et finalement v la vitesse des particules considérées dans l'anneau. Cette distance a, calculée pour tous les satellites, donne la moyenne indiquée, que j'ai comparée dans les deux dernières colonnes du tableau avec le résultat direct des observations sur les différents points de l'anneau.

Quant à la séparation de O. Struve que je n'ai pas aperçue jusqu'à présent, j'ai adopté comme position observée une situation intermédiaire entre la limite intérieure de l'anneau sombre et celle de l'anneau brillant, ce qui ne peut pas être bien loin de la réalité, d'après les indications des quelques observateurs qui ont été assez heureux pour voir cette ligne. On sait que M. Otto Struve, le directeur de l'observatoire de Poulkowa, a découvert cette ligne en 1851, mais que très peu de personnes l'ont revue après lui, de sorte que son existence a souvent été contestée. On a décrit l'objet à peu près comme suit : La limite intérieure des anneaux brillants n'est pas bien nettement tranchée ; l'éclat diminue graduellement jusqu'en se fondant dans l'anneau sombre dans sa partie extérieure. Mais à une certaine distance on voit une discontinuité, un arc plus sombre ou même complètement

obscur, séparant ces parties extérieures du véritable anneau sombre, qui paraît donc suspendu entre la planète et les autres anneaux sans avoir un point de contact avec ces derniers. Comme déjà tout l'anneau sombre est un objet délicat, il est naturellement difficile de bien apercevoir cette particularité, et M. Struve lui-même n'a pas pu revoir cette séparation en 1882, avec le même instrument avec lequel il l'avait découverte en 1851, tandis que M. Schiaparelli a réussi à l'entrevoir à plusieurs reprises en 1882 et 1883 (*Astr. Nachr.*, 2521).

Un autre objet délicat et qui a donné lieu à beaucoup de controverses, est la séparation d'Encke, dont j'ai déjà cité une particularité. D'après le calcul qui précède, il y a seulement trois satellites qui réunissent leurs influences perturbatrices pour former cette lacune dans l'anneau extérieur. Ceci explique l'extrême finesse de cette ligne. La distance de cette ligne au centre de la planète n'a pas pu être mesurée; mais j'ai déjà indiqué qu'elle se trouvait d'un côté à égale distance de la séparation cassinienne et de la limite extérieure du système, et de l'autre côté à un tiers de la largeur de l'anneau extérieur, compté à partir de cette même limite extérieure. C'est d'après ces observations que j'ai donné dans la colonne « Observ. » une distance de cette ligne.

Quant à la séparation de Cassini, Kirckwood avait déjà remarqué qu'elle se trouve à une distance à laquelle un satellite devrait avoir un temps de révolution commensurable avec les quatre satellites intérieurs du système (voir *Monthly Notices* du 8 janvier 1868 : On the nebular Hypothesis, and the approximate commensurability of the planetary periods). Il paraît qu'ici Mimas joue un rôle prépondérant, par suite de sa proximité de l'an-

neau. L'influence perturbatrice est naturellement d'autant plus grande que la commensurabilité est représentée par un chiffre plus petit. Or le nombre 2 pour Mimas et la séparation de Cassini, est le plus petit possible.

En faisant maintenant avec les temps de révolution des satellites intérieurs toutes les combinaisons possibles, et en retenant celles dont la distance *a* calculée est la même au moins pour deux satellites, on trouve qu'outre les séparations connues dont nous avons déjà parlé, il en est encore une autre à la distance 14″.68, indiquée dans le tableau par x. A cette distance, qui indiquerait une région dans l'anneau brillant intérieur, à un tiers à peu près de la largeur de ce dernier à sa limite intérieure, on n'a remarqué jusqu'à présent aucune séparation; pourtant la comparaison des nombres respectifs dans le tableau avec ceux relatifs à la séparation d'Encke, semble indiquer que cette séparation inconnue doit même être un peu plus marquée que celle de Encke, et il est fort probable qu'elle sera découverte un jour à peu de chose près dans la position que le calcul lui impose.

Avant de quitter ce chapitre sur les observations micrométriques de Saturne, je mentionnerai encore la mesure présentant un certain intérêt et concernant une zone sur la surface de la planète qui était plus sombre que les autres parties. On la remarque très facilement, mais en 1881 elle m'a paru remarquablement bien limitée. Le 7 novembre j'ai fait quelques mesures micrométriques sur son étendue, et j'ai trouvé que cette zone sombre occupait l'hémisphère sud de la planète depuis le 16me jusqu'au 47me degré de latitude saturnocentrique. Cette position coïncide, dans les limites de son erreur probable, avec la position de la zone tempérée pour cette planète.

Le chapitre suivant du travail contient les observations des satellites de Saturne. Ces observations ont aussi été faites d'après une méthode différente de celle employée en 1880. Les détails se trouveront dans le mémoire même. Ici je me borne à remarquer que chaque observation d'un satellite consistait en 16 ajustements du micromètre sur 8 différentes distances, et que les distances à l'ouest étaient mesurées avec les mêmes parties de la vis que les distances à l'est. Le micromètre était toujours orienté parallèlement au mouvement diurne et j'ai mesuré les différences d'ascension droite et de déclinaison d'une façon identique avec la même vis; le cercle de position du micromètre servait donc seulement pour ajuster cet instrument dans le sens du mouvement diurne ou perpendiculaire à celui-ci.

Tous les satellites du système ont été observés en 1881, à l'exception de Hypérion, qui est trop près de la limite des forces optiques de la lunette, et pour lequel je n'avais pas une éphéméride à ma disposition pour m'aider à sa recherche. Je l'ai pourtant distinctement vu le 4 novembre, jour où j'ai fait en même temps des mesures micrométriques de tous les sept autres satellites. Le nombre des observations pour le premier satellite, Mimas, est de 5; pour Encelade 30, pour Téthys 34, pour Dione 32, pour Rhéa 30, pour Titan 22 et finalement 16 pour Japetus; donc 169 observations, presque toutes complètes, qui représentent environ 2700 mesures micrométriques.

Mimas, satellite très difficile à apercevoir à cause de sa faiblesse et de sa position dans le voisinage immédiat de l'anneau, a été pourtant mieux visible qu'en 1880, où je n'étais jamais bien sûr de l'avoir réellement vu. Après avoir acquis une certaine expérience dans ce genre d'ob-

servations, j'ai réussi, en 1881, à faire deux séries complètes de mesures micrométriques de ce satellite, et trois autres de sa différence en ascension droite pendant son élongation ; je l'ai aperçu encore pendant trois autres soirées sans pouvoir en faire de mesures.

Encelade, le second satellite dans le système, et le troisième comme éclat en commençant par le plus faible, a été visible toutes les fois que l'état de l'atmosphère était favorable et que sa position n'était pas trop rapprochée de la conjonction avec le centre de la planète, tandis qu'en 1880 j'ai seulement réussi à faire deux observations pendant toute l'opposition.

Quant à Japetus, le satellite le plus éloigné du système, le nombre relativement petit d'observations (16), faites en 1881, s'explique par la particularité que présente ce corps de disparaître presque entièrement dans son élongation est. C'est par cette raison que j'avais perdu de vue ce satellite depuis le 29 septembre jusqu'au 26 octobre 1881. Je n'ai pas pu employer pour ce satellite le même mode d'observation, par suite des distances trop grandes qui le séparent souvent de la planète. J'ai employé la méthode ordinaire des passages au fil du milieu, comme on s'en sert pour déterminer les positions d'une comète, par exemple.

Un autre chapitre de mon mémoire traite de la détermination des orbites définitives de six satellites d'après les observations précédentes. La théorie utilisée dans ce but est celle choisie par Bessel dans ses recherches classiques sur le mouvement du satellite le plus brillant du système de Saturne, Titan. J'ai donc abandonné la méthode approximative que j'avais imaginée pour mes calculs de quatre orbites, d'après les observations de 1880,

cette dernière méthode ne fournissant pas les mêmes garanties pour l'exactitude des résultats que la méthode rigoureuse de Bessel, laquelle est d'un autre côté beaucoup plus laborieuse. Il fallait calculer d'abord avec la supposition d'une première orbite approximative, les positions apparentes des satellites pour les instants respectifs des observations, pour en déduire les différences entre l'observation et la théorie provisoire du mouvement du satellite. Ensuite il y avait à calculer les douze quotients différentiels pour chaque observation, qui représentent la relation entre la variation d'un des six éléments de l'orbite et la différence soit en ascension droite, soit en déclinaison du satellite à la planète. J'obtenais de la sorte 326 équations de conditions, chacune avec six inconnues, les corrections des éléments respectifs. Il s'agissait de trouver les corrections les plus probables, c'est-à-dire celles qui laissaient les moindres écarts entre la théorie et les positions observées toujours affectées d'erreurs d'observation. Ce travail, n'étant point difficile quant aux opérations numériques à faire, est pourtant très long, il demandait entre autres environ 11700 multiplications de trois chiffres par trois chiffres à faire, et je suis très heureux d'avoir trouvé pour ces opérations fastidieuses un aide très zélé dans la personne de mon ancien collègue à l'Observatoire de Genève, M. Arthur Kammermann, et je m'empresse de le remercier chaleureusement à cette occasion pour ses intelligents services.

Voici maintenant les orbites définitives des six satellites :

	Encelade	Téthys	Dione	Rhéa	Titan	Japetus
E =	1881 Nov. 0.0	1881 Nov. 0.0	1881 Nov. 0.0	1881 Nov. 0.0	1881 Nov. 0.0	1881 Nov. 0.0
L_0 =	82°54′32″	117°52′14″	98°26′20″	198°52′41″	234°19′22″	200°8′53″
T =	$1^d 8^h 53^m 6^s.92$	$1^d 21^h 18^m 25^s.62$	$2^d 17^h 41^m 9^s.29$	$4^d 12^h 25^m 11^s.57$	$15^d 22^h 41^m 23^s.16$	$79^d 7^h 49^m 24^s.84$
μ =	262°.731644	190°.698552	131°.535121	79°.690218	22°.577074	4°.538273
a'' =	34″.3501	42″.7514	54″.7574	76″.4838	176″.9102	514″.7108
a =	3.866	4.812	6.163	8.608	19.911	57.930
a_c =	34.441	42.655	54.640	76.315	—	515.56
e =	0.00806	0.00853	0.00443	0.00364	0.029869	0.028916
π =	230° 4′ 0″	223°47′49″	232°21′32″	229°52′44″	270°40′46″	353° 5′ 7″
N =	125 27 18	127 6 55	125 36 5	126 29 15	123 55 56	52 36 46
J =	5 53 5	5 54 57	6 55 5	6 40 0	6 35 22	14 5 56
n =	169 29 50	169 42 58	167 58 2	168 29 51	168 9 35	142 17 27
i =	27 16 4	27 24 18	28 1 8	27 54 27	27 38 49	18 26 50

Dans ce tableau j'appelle

E l'époque moyenne à laquelle toutes les valeurs qui suivent sont rapportées.

L_0 la longitude moyenne du satellite dans son orbite pour cette époque et l'instant où la lumière part de la planète.

T le temps de la révolution sidérale du satellite.

μ le mouvement moyen tropique dans un jour moyen.

α'' le demi-grand axe, vu de la distance 9.5389.

a ce même élément exprimé en rayons de l'équateur de la planète.

a_c le demi-grand axe, comme il résulte du calcul d'après la troisième loi de Kepler en partant de l'orbite de Titan.

e l'excentricité de l'orbite.

π la longitude du périsaturnium.

N la longitude du nœud sur l'équateur terrestre.

J l'inclinaison de l'orbite sur ce même plan.

n la longitude du nœud sur l'écliptique.

i l'inclinaison de l'orbite sur ce dernier plan.

Le mouvement moyen des satellites Encelade, Tethys, Dione, Rhéa et Japetus est déduit d'une comparaison de la longitude indiquée dans le tableau qui précède avec les longitudes résultant des recherches de Jacob, d'après ses mesures micrométriques faites à Madras en 1856 et 1857 (voir *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, vol. XXVIII, p. 106). Le mouvement moyen de Titan résulte de la comparaison avec l'orbite de Bessel qui donne une longitude pour 1830.0. J'ai préféré ne pas me servir de très anciennes observations pour rechercher le mouvement moyen, mais de le déduire de positions plus récentes, mais beaucoup plus exactes, puisqu'elles

sont le résultat moyen d'un grand nombre d'observations traitées dans leur ensemble.

J'ai cherché pour chacun des éléments son incertitude moyenne d'après les résidus finals ; voici donc le tableau des

Erreurs moyennes des éléments.

	ENCELADE	TÉTHYS	DIONE	RHÉA	TITAN	JAPETUS
$L_0 = \pm$	23′15″	7′53″	5′53″	4′6″	1′55″	1′41″
$a = \pm$	0″.161	0″.0947	0″.0854	0″.0905	0″.0972	0″.2890
$e = \pm$	0.00632	0.00260	0.00152	0.00127	0.000387	0.000560
$\pi = \pm$	67°36′40″	6°59′59″	16°25′26″	11°53′45″	1°4′25″	1°10′48″
$n = \pm$	39′51″	19′34″	12′26″	8′46″	4′ 6″	6′45″
$i = \pm$	22′23″	7′30″	6′ 2″	4′24″	2′ 4″	1′39″

On voit que les éléments d'Encelade, le satellite le plus difficile des six, restent encore affectés d'une assez grande incertitude. Elle provient, à mon avis, en grande partie des perturbations très considérables que ce satellite doit subir par les autres, mais surtout de l'attraction des anneaux, qui impose certainement un mouvement très rapide à son périsaturnium. Il ne me paraît pas impossible que cet élément eût changé de 180° dans le courant de mes observations, de sorte que l'excentricité de l'orbite se trouvait peut-être à la fin de mes observations dans le sens contraire de sa position à leur commencement. Ainsi, la supposition forcément faite pour les calculs que le satellite avait un mouvement elliptique régulier se trouvait sensiblement erronée dans le cas d'Encelade. La distribution des erreurs finales entre l'orbite définitive et les observations sont aussi distribuées de façon à appuyer cette opinion. L'orbite elliptique que je

viens de donner reste donc encore problématique, mais elle sera à considérer comme une base utile à des recherches ultérieures sur ce satellite encore peu étudié et pour lequel une orbite elliptique n'a pas été calculée auparavant. Le temps de révolution de ce satellite est à très peu de chose près commensurable avec celui du quatrième satellite du système Dione. Deux révolutions d'Encelade sont égales à la révolution de Dione plus 5 minutes seulement. Ce fait produit entre ces deux corps de grandes perturbations périodiques qui se font effectivement remarquer dans la distribution des erreurs finales des deux. En multipliant encore davantage les observations, on réussira peut-être à en déduire les masses relatives de ces satellites.

Une autre commensurabilité des temps de révolution existe entre Titan et Japetus. Cinq fois celui de Titan est à $9\,{}^1/_2{}^h$ près égal à une révolution de Japetus. Les perturbations qui résultent de cette coïncidence doivent avoir une période de cinq fois la révolution de Japetus, moins une fois celle de Titan. Or, comme mes observations employées embrassent seulement une révolution et demie de Japetus, ces perturbations ne pouvaient pas se compenser mutuellement dans le courant du calcul et les éléments de Japetus sont par conséquent à considérer comme osculatoires pour l'époque indiquée. Les erreurs restantes sont beaucoup plus grandes pour ce satellite que pour les autres et parfaitement périodiques, de sorte que les observations prouvent pour ce satellite une déviation du mouvement elliptique qui est très sensible. Pour Titan, ces perturbations sont beaucoup moins considérables, parce que la masse de ce satellite est tout à fait prépondérante dans le système; aussi les résidus finals sont les plus faibles pour les observations de Titan.

On voit dans le tableau des éléments donné plus haut que les satellites forment quelques groupes parfaitement distincts. Encelade et Téthys se meuvent à très peu de chose près dans le même plan et leurs ellipses ont la même excentricité. Un groupe semblable est formé par les deux suivants, Dione et Rhéa, qui se meuvent également dans des ellipses semblables, situées presque dans le même plan. Pour ces quatre satellites que je viens de citer, la direction du périsaturnium a été trouvée la même dans les limites de l'incertitude sur cet élément. Les orbites de Titan et Japetus se ressemblent par leurs excentricités beaucoup plus fortes que celles des autres satellites. Sous tous les autres rapports, Japetus reste à part des autres. Surtout le plan de son orbite est très différent de celui de tous les autres satellites du système et du plan des anneaux autour duquel les autres orbites se rangent.

Il était intéressant de comparer l'orbite de Titan déduite des observations de 1881 avec celle de Bessel trouvée en 1830 de la même façon que la mienne, mais d'après un nombre beaucoup plus considérable d'observations faites pendant plusieurs années de suite (voir *Astrom. Nachr.*, Bd. IX, p. 1 et suite, p. 381 et suite, Bd. XI, p. 17 et suite: aussi Bessel-Engelmann, I, p. 127 et suite). Je trouve les différences suivantes entre la dernière orbite de Bessel et la mienne, en tenant compte, d'après les indications de cet astronome, des mouvements des éléments pendant l'intervalle entre les deux époques :

M—B

$$L_0 = +\ 1^\circ 13' 12''.0$$
$$a = +\ 0''.3581$$
$$e = +\ 0.000646$$
$$\pi = -\ 15'\ 6''$$
$$n = -\ 23''.1$$
$$i = +\ 5' 15''.1$$

Ces différences prouvent que la théorie de Bessel sur le mouvement de ce satellite se rapprochait déjà étonnamment de la vérité. La différence de 1°13′.2[1] pour la longitude moyenne est une erreur accumulée pendant 1190 révolutions du satellite accomplies pendant l'intervalle entre les deux époques considérées, et la correction de sa période qui en résulte est de 4^s. La différence du demi-grand axe trouvée par Bessel, avec le résultat donné dans le travail présent, provient du fait connu que Bessel voyait toutes les distances plus faibles avec l'héliomètre de Kœnigsberg que les observateurs munis de micromètres à fils. La différence dans la position du périsaturnium et surtout du nœud est parfaitement comprise dans l'erreur moyenne de ces éléments mêmes. Les variations séculaires de ces éléments, produites par les perturbations des anneaux et des autres satellites, sont donc à considérer comme très bien déterminées. La comparaison de l'orbite de Bessel avec la mienne donne ces mouvements tropiques dans une année julienne :

$$d\pi = +\ 1811.5$$
$$dn = +\ \ 35''.084$$

Quant au satellite le plus éloigné, Japetus, c'est l'ancien directeur de l'Observatoire de Toulouse, M. Tisserand, qui s'est principalement occupé de son orbite. Il a recherché l'orbite de ce satellite d'après les observations de Washington, faites en 1874 (voir *Annales de l'Obser-*

[1] Cette différence s'accorde très bien avec celle trouvée par trois élongations du satellite, observées en 1880 par Hall, avec le grand équatorial de Washington. D'après une communication de ce savant, publiée dans les *Astronomische Nachrichten*, n° 2394, la correction de la longitude de Bessel serait pour le commencement du mois de décembre 1880 égal à + 1° 10′.3.

vatoire de Toulouse, vol. I, p. A. 51). La comparaison de son orbite avec la mienne conduit à des différences suivantes :

$$
\begin{array}{rl}
 & \text{M—T} \\
a & = + 0''.34 \\
e & = - 0.00065 \\
\pi & = + 5°5'.1 \\
n & = + \quad 1'.5 \\
i & = - \quad 4'.7
\end{array}
$$

L'accord entre ces deux orbites est donc très satisfaisant. La différence de 5°5',1 pour la direction du périsaturnium provient de la variation séculaire de cet élément qu'on ne connaissait pas avec une approximation suffisante jusqu'à présent. Pour la position du nœud, j'ai tenu compte de cette variation d'après les chiffres donnés par Tisserand. La combinaison des deux orbites donne les variations séculaires tropiques de ces deux éléments pour un intervalle d'une année julienne :

$$
\begin{array}{rl}
d\pi & = + 2514'' \\
dn & = - \quad 17''.31
\end{array}
$$

Une conséquence à tirer des mouvements des satellites est la détermination de la masse de Saturne, y compris celle des anneaux, quantité très importante pour l'évaluation exacte des perturbations dans le système planétaire. C'est dans le chapitre suivant de mon mémoire que je m'occupe à rechercher cette valeur, d'après mes observations de 1881. Les formules utilisées dans ce but sont les mêmes que celles d'après lesquelles Bessel a déterminé la masse de Saturne par le mouvement de Titan, en tenant compte en plus de l'influence de l'aplatissement de Saturne sur le mouvement des satellites ; cette dernière correction a été négligée par Bessel, puisqu'elle est

en réalité très peu considérable dans le cas de Titan, mais elle devient pourtant sensible pour les satellites intérieurs. Pour obtenir les résultats suivants, j'ai donc tenu compte de l'influence du Soleil, des anneaux et de l'aplatissement de Saturne sur les mouvements des satellites, et je trouve les chiffres suivants pour les six satellites traités, l'unité étant la masse du Soleil :

	M	Poids.
Encelade...	0.000284213	1.0
Téthys.....	0.000288215	4.4
Diane.....	0.000288531	9.1
Rhéa......	0.000288898	15.5
Titan......	0.000287204	73.1
Japetus....	0.000285849	48.6

A côté de ces masses déterminées par chaque satellite séparément, j'ai mis le poids respectif que j'ai attribué à chacun de ces chiffres pour chercher une valeur générale de cette quantité, résultante de toutes les observations des satellites. Ce poids est déterminé en donnant à la masse d'après chaque satellite une importance en raison directe du carré de son demi-grand axe et en raison inverse du carré de l'erreur moyenne dont la détermination de cet axe est affectée d'après l'ensemble des observations. De cette façon on obtient la masse de Saturne par toutes les observations des satellites:

$$M = 0.0002871145$$

ou en d'autres termes la masse de Saturne, plus celle des anneaux, comme on veut la connaître pour les questions des perturbations dans le système planétaire, est

$$\mathbf{3482.93} \pm 5.50$$

fois plus faible que celle du Soleil, le dernier chiffre indi-

quant l'erreur moyenne de cette quantité, d'après l'accord imparfait entre les masses déduites de chaque satellite séparément.

La situation des anneaux de Saturne a pour conséquence que les mouvements des satellites intérieurs sont beaucoup plus fortement influencés par l'attraction spéciale de la masse des anneaux que les satellites plus éloignés, et, comme je l'ai déjà dit plus haut, elle devient presque insensible déjà pour Titan. J'avais essayé de baser sur cette considération un calcul permettant de trouver par l'ensemble des observations la masse des anneaux à part de la masse entière du système dont je viens de parler. Mais le résultat du calcul n'a pas été favorable, par la raison que l'incertitude de la valeur cherchée est beaucoup trop considérable pour lui attribuer la probabilité désirée, et la masse des anneaux même devient trop faible en comparaison avec un autre résultat, dont je vais parler maintenant.

Les anneaux ont une forte influence, surtout sur les variations séculaires du périsaturnium. Cette variation est déjà très bien connue pour l'orbite de Titan, et comme les autres satellites ont certainement des masses très faibles en comparaison de la masse des anneaux, on peut supposer que la variation déduite des observations est presqu'entièrement due à l'influence cherchée des anneaux et à l'influence du Soleil, qui est facile à calculer. Bessel avait déjà déterminé la masse des anneaux d'après ces considérations par la variation séculaire du périsaturnium de Titan, comme il l'avait trouvée en 1830. Il arrivait au résultat que la masse des anneaux devait être à peu près 118 fois plus faible que celle du globe de Saturne. J'ai déjà mentionné plus haut que mes observations de ce sa-

tellite conduisent à une valeur de cette variation séculaire très peu différente de celle indiquée par Bessel. Le déplacement sidéral du périsaturnium de Titan, déduction faite de l'attraction du Soleil, est de 1726.5 dans une année julienne, au lieu de 1744".70 trouvée par Bessel, et la masse réciproque des anneaux qui en résulte est

$$m = 119.1$$

Un dernier chapitre de mon mémoire, qui n'est pas encore achevé en ce moment, contiendra des tables des mouvements des six satellites considérés; elles permettront de trouver d'après les orbites données plus haut et par un petit calcul très simple, leurs positions relatives pour un instant quelconque, jusqu'à la fin du siècle actuel.

Ayant achevé maintenant ce que j'avais l'intention de communiquer sur cette étude, je me permets de rappeler aux savants de Genève que si ce travail est destiné à être bien accueilli dans le monde scientifique, et si on doit lui attribuer quelque importance parce que les observations surtout fourniront toujours une base d'une certaine solidité pour des recherches ultérieures sur les mouvements des satellites, c'est à mon regretté chef, feu Émile Plantamour, que j'en serai redevable : sans lui, sans la générosité à laquelle l'Observatoire de Genève doit son magnifique équatorial, le travail actuel aurait été impossible, et c'est comme humble témoignage de reconnaissance, malheureusement posthume, que je sollicite l'honneur de dédier ces recherches à la mémoire d'Émile Plantamour.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

D[r] J. HANN. HANDBUCH DER KLIMATOLOGIE (Manuel de climatologie). 1 vol. in-16, 764 p. Stuttgart, 1883.

M. le professeur Hann, directeur de l'Institut central de météorologie à Vienne, nous donne dans la Bibliothèque des manuels de géographie un beau volume consacré à la climatologie. Réunissant toutes les études sur ce sujet qu'il a publiées depuis nombre d'années dans son Journal de météorologie, et les complétant dans une généralisation magistrale, il nous offre un traité complet de la matière.

Dans son Introduction, après avoir défini la climatologie et l'avoir nettement séparée de la météorologie, il développe l'action des facteurs qui constituent cette branche de la physique naturelle, à savoir dans leur ordre d'importance : la température, l'humidité de l'air, la nébulosité, les vents, la pression atmosphérique, l'évaporation de l'eau dans l'air, la composition chimique et physique de l'air atmosphérique.

La première partie du livre traite de la climatologie générale et la considère à deux points de vue : 1° le *climat solaire,* c'est-à-dire l'action du soleil sur la terre en dehors de toutes les modifications qu'y apportent l'atmosphère et la répartition inégale des océans et des montagnes ; ce chapitre étudie essentiellement la quantité de chaleur absorbée et rayonnée par la terre dans ses deux hémisphères, dans les diverses latitudes, aux différents mois de l'année et aux différentes heures de la journée ; 2° le *climat physique,* c'est-à-dire l'effet des modifications telluriques réelles sur ce climat idéal. Ces modifications sont dues à l'action des grandes masses d'eau, océans, mers et lacs, et aux inégalités du relief, plaines et montagnes ; il y a donc lieu de distinguer les

climats continentaux, maritimes et montagneux, et ces différents types sont étudiés dans leurs caractères particuliers.

La seconde partie traite de la climatologie spéciale ou climatographie; elle est divisée en climatologie des zones tropicales, des zones tempérées et des zones polaires. Je donnerai une idée des groupes que l'auteur distingue dans ces grandes zones en indiquant ses divisions de la zone tempérée du nord: il traite successivement le climat des régions sub-tropicales de l'ancien monde, le climat de la région atlantique européenne, le climat de l'Europe centrale, le climat continental européen-asiatique, (Russie d'Europe et Sibérie occidentale), le climat de l'Asie orientale, le climat de l'Amérique entre le tropique et le cercle polaire arctique.

Ce livre abonde en indications générales et spéciales, en données numériques réduites aux mêmes types, et par conséquent comparables entre elles, en figures explicatives excellentes; il formera un manuel précieux pour tous ceux qui ont à travailler dans le domaine de la géographie physique, de la météorologie et de la climatologie.

F.-A. F.

CHIMIE

E. Schulze. Hypoxanthine dans les pommes de terre. (*Landw. Versuchstation*, XXVIII, p. 111. Zurich.)

100^{cc} du liquide obtenu en pressant des pommes de terre, ont fourni 3-4^{mgr} d'hypoxanthine; cette base est précipitée avec les peptones par l'acide phosphowolframique.

A. Weber. Chlorure de calcium. (*Berichte*, XV, p. 2316. Zurich.)

De nouvelles recherches montrent que le chlorure de calcium se dessèche presque complètement à 200°, mais perd toujours un peu d'acide et devient alcalin; des dosages après fusion ont indiqué une teneur de 0,044-0,37,8 % d'oxyde de calcium libre.

V. Meyer. Remarques sur les méthodes pour la détermination des densités de vapeurs. (*Berichte*, XV, p. 2775.)

V. Meyer fait remarquer que sa méthode (dosage du gaz inerte remplacé dans l'appareil par la vapeur de la substance) est moins exacte que celles de Dumas, Gay Lussac, Hofmann, et donne toujours des chiffres un peu trop élevés; elle ne doit être employée que pour des substances bouillant au-dessus de 420° ; il recommande, 1° pour les substances pouvant supporter d'être chauffées 30° environ au-dessus de leur point d'ébullition, et bouillant jusqu'à 260°, sa méthode par dosage du mercure s'écoulant de l'ampoule dans laquelle se fait la détermination ; 2° la méthode d'Hofmann pour les corps qui se décomposent à l'ébulition ou ne supportent pas une surchauffe ; 3° la méthode avec l'alliage de Wood pour les substances bouillant de 260 à 420° et n'attaquant pas le métal ; et 4° enfin, la méthode de Dumas modifiée par Habermann pour les corps très difficilement volatils et qui se décomposent à la pression ordinaire, ce qui est d'ailleurs très rare.

Alois Janny. Acetoximes. (*Berichte*, XV, p. 2778. Zurich.)

L'action de l'hydroxylanime a lieu à froid et quantitativement sur toutes les kétones et l'on obtient une *acetoxime*, c'est-à-dire une substance qui renferme un groupe — CNOH — lié à 2 atomes de carbone, si ce groupe n'est lié qu'à un atome de carbone et que l'autre affinité soit saturée par l'hydrogène, on a les *aldoxymes*.

L'auteur a préparé la dimethylacetoxime $CH_3—CNOH—CH_3$ fusible à 59°-60° et bouillant à 134°,8.

L'éthylmethylacetoxime $C_2H_5 . CNOH . CH_3$ bouillant à 152°,5.

La méthylpseudobutylacetoxime $CH_3 . CNOH—C=(CH_3)_3$ en traitant la pinakoline par une dissolution d'hydroxylamine, fond à 74°-75°.

La méthylphenylacetoxime $CH_3 . CNOH . C_6H_5$ aiguilles fusibles à 59°.

La diphenylacetoxime $C_6H_5 . CNOH . C_6H_5$ fusible à 139°,5.

Le glycol et l'oxyde d'éthylène traités par l'hydroxylamine ne donnent pas de produits analogues ; il semble donc que, pour que la réaction se produise, il faille qu'un atome d'oxygène soit lié à un même atome de carbone par ses 2 valeurs comme dans les kétones.

J. Petraczek. sur les aldoximes. (*Berichte*, XV, p. 2783. Zurich.)

L'hydroxylamine agit sur les aldéhydes en donnant une nouvelle classe de corps azotés ; l'éthylaldoxime est un liquide clair, bouillant à 114°-115° qui se produit suivant la réaction $C_2H_4O + NH_3O = H_2O + C_2H_5NO$. Les acides la décomposent en régénérant les constituants. La propylaldoxime bout à 130°-132°. L'isobutylaldoxime bout vers 139°.

La benzylaldoxime bout au-dessus de 200° en se décomposant en partie, il se produit des cristaux, qui sont probablement un isomère, fusible à 161°,5. Tous ces corps réagissent facilement avec le chlorure d'acétyle, en dégageant de l'acide chlorhydrique.

V. Meyer. Chlorhydrate d'hydroxylamine. (*Berichte*, XV, p. 2789. Zurich.)

Ce chimiste recommande pour sa préparation la méthode de Dumreicher, réduction de l'éther nitrique par le chlorure d'étain, il concentre fortement le liquide obtenu, refroidit fortement et sature par la soude, filtre des oxydes métalliques, et sature par l'acide chlorhydrique, puis évapore à siccité, on reprend par l'alcool à chaud qui laisse déposer des cristaux blancs renfermant 90 % de chlorhydrate d'hydroxylamine et de sel ammoniaque ; cette préparation se conserve bien.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUIN 1883

Le 2, à 8 h. 20 m. du soir éclairs et tonnerres au SSO. et au NO.
3, depuis 4 h. 30 m. du soir éclairs et tonnerres à l'O. Vers 6 h. du soir violentes décharges et forte pluie; à 10 h. du soir éclairs au NNO.
6, à 10 h. du soir éclairs au NNO.
8, fort vent depuis 10 h. du matin; vers minuit éclairs au SSE.
9, à 1 h. 35 m. et à 3 h. 45 m. du soir éclairs et tonnerres à l'O. et au S.
10, assez fort vent l'après-midi.
12, forte bise depuis 10 h. du matin.
13, forte bise tout le jour.
15, à 11 h. 40 m. deux décharges électriques au NO. et au N.; éclairs et tonnerres de 2 h. $^1/_2$ à 3 h. $^1/_2$.
16, à 10 h. du matin éclairs et tonnerres au SO., NO. et N. avec forte pluie.
21, rosée le matin.
23, id.
24, id.
25, id. ; à 5 h. 40 m. éclairs et tonnerres à l'OSO.; fort vent et pluie; l'orage suit le Jura.
28, rosée le matin.
29, id. ; à partir de 9 h. du soir éclairs et tonnerres au NNE.; les éclairs continuent toute la soirée.
30, éclairs et tonnerres au N. vers 2 h. $^1/_2$; à 10 h. du soir éclairs au SSO.

Remarque. Le mois de juin a été très humide; la moyenne de la fraction de saturation est de 0,743; elle n'a été dépassée depuis 1849 qu'en 1853 et en 1856 Quoique la quantité d'eau tombée soit inférieure à la normale, le nombre de jours de pluie, 17, est cependant très-considérable; ce chiffre n'a été dépassé depuis 1826 pour le même mois qu'en 1862, mois dans lequel il a plu pendant 18 jours.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. soir	727,75	Le 6 à 4 h. soir	717,92
9 à 10 h. soir	727,05	10 à 4 h. soir	724,58
13 à 8 h. matin	731,18	15 à 6 h. soir	724,13
17 à 10 h. soir	726,81	19 à 4 h. soir	723,66
20 à midi	728,74	21 à 2 h. soir	725,91
22 à 10 h. soir	732,10	25 à 4 h. soir	724,77
28 à 8 h. matin	729,75	29 à 4 h. soir	726,57
30 à 10 h. soir	730,29		

GENÈVE. — JUIN 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	725,81	— 0,48	+17,38	+ 2,04	+14,0	+22,2	10,78	+1,80	748	+ 41	470	900	...	...	N. 1	0,38	+14,7	+ 1,0	151,6
2	725,99	— 0,34	+18,56	+ 3,10	+12,7	+24,8	11,68	+2,63	737	+ 33	490	910	..	...	N. 1	0,58	15,7	+ 1,9	153,9
3	726,29	— 0,09	+16,83	+ 1,25	+13,0	+22,8	11,70	+2,59	828	+124	590	1000	3,5	4	N. 1	0,66	...	.....	157,0
4	724,44	— 1,98	+18,43	+ 2,73	+11,3	+24,2	11,66	+2,49	739	+ 35	540	820	...	...	N. 1	0,12	15,9	+ 1,8	161,0
5	719,06	— 7,40	+18,31	+ 2,49	+13,9	+25,6	11,42	+2,18	735	+ 31	540	860	0,2	1	variable	0,88	18,0	+ 3,8	165,1
6	718,26	— 8,24	+16,64	+ 0,70	+11,9	+20,6	10,97	+1,67	778	+ 74	550	940	3,0	2	N. 1	0,82	17,6	+ 3,3	170,9
7	720,65	— 5,89	+16,90	+ 0,84	+13,0	+20,6	11,16	+1,80	782	+ 78	620	980	...	...	SSO. 1	0,81	16,4	+ 2,0	171,8
8	722,65	— 3,93	+17,77	+ 1,60	+11,1	+24 4	9,53	+0,11	659	— 45	380	990	6,3	4	SSO. 2	0,59	11,2	— 3,3	175,0
9	725,52	— 1,10	+15,37	— 0,91	+11,9	+22,2	9,94	+0,47	774	+ 70	530	860	4,1	5	SSO. 1	0,78	10,8	— 3,8	176,9
10	725,40	— 1,26	+15,95	— 0,44	+10,2	+21,8	8,52	—1,01	658	— 45	400	910	2,1	4	SSO. 1	0,59	...	.....	179,0
11	725,58	— 1,12	+13,91	— 2,59	+11,4	+19,0	9,37	—0,22	801	+ 98	580	940	0,3	1	N. 1	0,83	10,1	— 4,8	180,3
12	727,71	+ 0,97	+14,20	— 2,41	+11,5	+17,6	9,54	—0,10	812	+109	630	860	...	...	NNE. 2	0,91	11 9	— 3,1	182,4
13	730,94	+ 4,16	+15,38	— 1,33	+13,2	+19,3	9,39	—0,30	740	+ 38	550	780	...	...	NNE. 2	0,50	14,4	— 0 7	184,7
14	729,60	+ 2,79	+16,20	— 0,62	+12,6	+20,8	10,04	+0,29	740	+ 38	560	820	...	...	NNE. 1	0,74	16,1	+ 0,9	184,5
15	725,06	— 1,79	+16,58	— 0,34	+13,1	+21,7	11,70	+1,90	831	+130	630	900	1,6	2	variable	0,90	16,5	+ 1,2	180,6
16	724,68	— 2,21	+15,72	— 1,30	+13,0	+20,6	10,18	+0,33	781	+ 81	570	990	14,6	8	variable	0,87	16,0	+ 0,6	182,9
17	726,42	— 0,50	+13,36	— 3,75	+11,0	+17,5	8,65	—1,25	771	+ 71	610	900	...	...	NE 1	0,84	...	.....	181,0
18	725,01	— 1,95	+11,17	— 6,04	+ 7,0	+16,4	7,34	—2,61	754	+ 55	430	990	0,5	1	NNE. 1	0,93	15,7	+ 0,1	185,4
19	724,10	— 2,89	+12,82	— 4 48	+ 9,0	+16 4	6,80	—3,19	635	— 64	420	830	...	...	N. 1	0,74	16,0	+ 0,3	183,2
20	728,12	+ 1,09	+13,11	— 4,28	+10,0	+18,3	8,20	—1,84	756	+ 58	550	870	1,2	2	variable	0,60	15,8	0,0	182,0
21	727,18	+ 0,12	+12,50	— 4,98	+ 7,2	+21,9	8,59	—1,49	799	+102	430	890	11,3	5	SSO. 1	0,73	15,7	— 0,2	179,0
22	729,83	+ 2,74	+11,79	— 5,78	+ 8,9	+15,2	7,21	—2,92	739	+ 43	540	890	3,1	3	SO. 1	0,74	9,7	— 6,3	179,0
23	730,63	+ 3,51	+13,45	— 4,20	+ 4,9	+20,0	7,58	—2,59	670	— 26	370	880	...	...	N. 1	0,03	10,5	— 5,7	178,5
24	727,25	+ 0,09	+16,62	— 1,11	+ 8,0	+25,3	8,50	—1,71	616	— 79	300	800	...	...	N. 1	0,02	...	.....	178,0
25	725,91	— 1,28	+15,91	— 1,90	+10,6	+23,6	10,68	+0,43	791	+ 97	550	950	4,3	3	SSO. 1	0,79	15,5	— 0,8	177,0
26	727,88	+ 0,66	+17,98	+ 0,10	+12,4	+23,1	11,59	+1,30	758	+ 65	550	910	7,3	5	SO. 1	0,86	14,4	— 2,1	179,5
27	728,82	+ 1,57	+16,87	— 1,09	+14,2	+20,7	10,90	+0,57	757	+ 65	560	940	...	...	N. 1	0,62	13,6	— 2,9	178,0
28	729,16	+ 1,88	+18,99	+ 0,96	+11,5	+25,5	10,11	—0,26	639	— 52	300	900	...	...	N. 1	0,06	16,9	+ 0,3	177,5
29	727,89	+ 0,59	+20,30	+ 2,21	+13,6	+26,5	12,46	+2,06	707	+ 16	460	840	1,4	1	NNE. 1	0,18	16,9	+ 0,2	178,0
30	729,38	+ 2,05	+20,19	+ 2,03	+16,4	+28,3	12,16	+1,72	717	+ 27	400	830	1,6	3	SO. 1	0,76	19,3	+ 2,5	179 1

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,71	723,67	723,51	723,20	723,05	722,83	723,03	723,41	723,87
2e »	726,66	726,84	726,73	726,81	726,51	726,32	726,34	726,65	726,97
3e »	728,74	728,75	728,56	728,22	727,92	727,78	727,92	728,27	728,73
Mois	726,37	726,42	726,27	726,07	725,82	725,65	725,77	726,11	726,52
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+14,65	+17,61	+19,57	+20,76	+20,59	+20,66	+19,25	+17,59	+15,22
2e »	+12,51	+14,45	+16,22	+15,16	+17,08	+17,68	+16,28	+14,69	+13,39
3e »	+13,52	+16,32	+17,90	+20,16	+20,39	+20,42	+19,06	+17,05	+15,21
Mois	+13,57	+16,12	+17,90	+18,69	+19,35	+19,59	+18,20	+16,44	+14,60
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,91	11,58	10,98	10,44	10,64	10,15	10,67	10,58	11,03
2e »	9,52	9,40	9,39	9,16	8,75	8,83	9,09	9,01	9,31
3e »	9,88	10,15	10,05	9,84	9,87	9,47	9,50	10,48	10,91
Mois	10,10	10,38	10,14	9,82	9,75	9,48	9,75	10,02	10,41
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	879	775	651	574	598	565	654	708	858
2e »	874	762	685	742	600	579	656	721	809
3e »	855	733	653	561	553	541	600	711	835
Mois	869	757	663	626	584	562	637	713	834

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 12,30	+ 22,92	0,62	+ 15,04	19,2	166,22
2e »	+ 11,18	+ 18,76	0,79	+ 14,72	18,2	182,70
3e »	+ 10,77	+ 23,01	0,48	+ 14,72	29,0	178,36
Mois	+ 11,42	+ 21,56	0,63	+ 14,82	66,4	175,76

Dans ce mois, l'air a été calme 1,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,49 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 18°,5 O. et son intensité est égale à 23,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1883.

Le 1er, brouillard depuis 4 h. du soir.
2, id.
3, brouillard depuis 8 h. du soir.
4, brouillard par un fort vent l'après-midi.
5, brouillard dans la journée.
6, brouillard tout le jour par une forte bise qui dure jusqu'à 4 h. du soir.
7, brouillard le matin.
8, vers 9 h. du matin grêle pendant 15 minutes; éclairs et tonnerres à 7 h. $^1/_2$ du soir; neige à 8 h. du soir.
9, neige et brouillard l'après-midi.
11, neige depuis 10 h. du matin à 2 h. du soir; elle fondait à l'instant; brouillards depuis 4 h. du soir.
12, brouillard le matin; neige de 2 h. à 4 h. du soir; elle n'a pas pu être mesurée, car elle fondait immédiatement.
13, brouillard dans la journée.
14, brouillard l'après-midi.
15, légère neige à 6 h. du matin; assez forte bise le matin, brouillard dans la journée.
16, brouillard dans la journée; vers 3 h. du soir légère pluie qui dure 2 ou 3 minutes.
17, brouillard depuis midi.
18, brouillard tout le jour; assez forte bise depuis 4 h. du soir.
19, brouillard le matin par une assez forte bise.
20, brouillard à 6 h. du matin.
21, assez fort vent l'après-midi; légère neige à 4 h. du soir, brouillard depuis 6 h. à 8 h. du soir.
22, neige dans la nuit du 21 au 22 et jusqu'à 8 h. du matin; brouillard depuis 10 h. du matin; forte bise l'après-midi.
25, éclairs et tonnerres de 7 h. à 8 h. du soir; brouillard à 10 h. du soir.
26, quelques gouttes de pluie vers 3 h. $^1/_2$ du soir, tonnerres à l'ouest; brouillard depuis 6 h. du soir.
29, tonnerre au N. vers 6 h. du soir; à la même heure brouillard.
30, quelques gouttes de pluie à midi.

Remarques. L'humidité a été, de même qu'à Genève, très grande au St-Bernard; il n'y a pas moins de 23 jours de brouillard dans ce mois. La quantité d'eau tombée est un peu supérieure à la normale.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. soir	568,26	Le 6 à 6 h. matin	558,62
9 à 10 h. soir	565,34	11 à 6 h. matin	564,05
13 à 2 h. soir	569,23	19 à 6 h. matin	559,82
23 à 2 h. soir	568,31	25 à 4 h. soir	566,87
28 à 8 h. soir	570,81	29 à 2 h. et 4 h. soir	570,26
31 à 8 h. soir	571,05		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	566,28	+ 0,60	565,74	567,07	+ 5 22	+ 2,55	+ 1,7	+ 9,7	.....	.....	....	NE.	1	0,60
2	567,29	+ 1,52	566.64	568,26	+ 5,57	+ 2,78	+ 3,8	+ 9.6	.....	6,0	....	NE.	1	0 66
3	567,91	+ 2,05	567,54	568,26	+ 5,41	+ 2,51	+ 3,2	+ 8,5	.....	.. ..	....	SO.	1	0,74
4	566,65	+ 0,71	566.05	567,60	+ 4,18	+ 1,17	+ 3,2	+ 6,4	.....	.....	....	SO.	2	0,93
5	562,44	— 3,58	560,78	564,42	+ 2,72	— 0,40	+ 2,0	+ 5,0	.....	14,4	....	SO.	1	0,98
6	559,63	— 6,48	558,62	561,00	+ 2.32	— 0.91	+ 2,0	+ 4,0	.....	.. .	....	NE.	2	1,00
7	562,02	— 4,17	561,12	562,83	+ 4,74	+ 1,40	+ 2,6	+ 8,2	.....	8,0	....	NE.	1	0,74
8	564,08	— 2,19	562,83	565,20	+ 4.72	+ 1,27	+ 3,0	+ 7,7	20	4,5	.. .	NE.	1	0,76
9	564,95	— 1,40	564,55	565,34	+ 2,59	— 0,96	+ 0,5	+ 7,4	40	3,4	....	NE.	1	0,54
10	564,49	— 1,94	564,31	564,80	+ 3,59	— 0.06	— 0,7	+ 6,5	.....	.....	....	variable		0,24
11	564,24	— 2,27	564,05	564,86	+ 1,04	— 2,71	+ 0 6	+ 3,6	.....	7,0	....	NE	1	0,96
12	565,99	— 0,60	564,69	567,46	+ 1,54	— 2,31	0,0	+ 3.0	.....	6,8	....	NE.	1	0,96
13	568,82	+ 2,15	567,89	569,23	+ 3,49	— 0,46	+ 0.6	+ 8,4	.....	7,4	....	NE.	1	0,93
14	568,40	+ 1,65	567,39	569,08	+ 3,17	— 0,87	+ 2,5	+ 6.3	.....	.....	....	SO.	1	0,84
15	565,40	— 1.42	564,68	566,17	+ 3,41	— 0,72	+ 0.8	+ 6,6	.....	.....	....	NE.	1	0.83
16	564,07	— 2,83	563.87	564,72	+ 3,47	— 0,75	+ 2,5	+ 6,8	.....	.....	....	NE.	1	0 82
17	563 44	— 3,53	563,36	563,56	— 0,60	— 4.91	— 1,8	+ 4 4	.....	11,0	....	NE.	1	0,96
18	560,99	— 6,05	560,43	561,93	— 2.52	— 6,92	— 3.0	+ 0,6	.....	6,1	....	NE.	1	1,00
19	561,17	— 5,94	559.82	562,03	— 2,47	— 6,96	— 3,7	— 0,2	.....	10,0	....	NE.	1	0,88
20	565,17	— 2,01	562,99	566 29	+ 0,52	— 4,06	— 2,9	+ 5,0	.....	.....	....	NE.	1	0,62
21	565,31	— 1,94	564,37	566,31	+ 1,82	— 2,84	— 0,3	+ 5.5	.....	.....	....	SO.	1	0.71
22	565,06	— 2,26	563,55	567,13	— 3,16	— 7,90	— 3,4	— 1,4	370	26,4	....	NE.	2	1,00
23	567,76	+ 0,37	567,09	568,31	+ 1,43	— 3.39	— 4,0	+ 5,3	.....	.....	....	NE.	1	0 01
24	567,30	— 0,15	567,11	567,71	+ 6,30	+ 1.40	+ 3,4	+ 9,8	.....	.....	....	NE.	1	0,08
25	567.44	— 0,07	566,87	568,37	+ 5,64	+ 0,66	+ 1.0	+ 9,4	.....	5,5	....	variable		0.57
26	568,00	+ 0,43	567,37	568,61	+ 5,14	+ 0,09	+ 2,4	+ 8.8	.....	.....	....	NE.	1	0,66
27	568,81	+ 1,18	568,03	569,42	+ 7,11	+ 1,99	+ 4,6	+10,8	.....	.....	....	SO.	1	0,43
28	570,28	+ 2,59	569,41	570,81	+ 8,05	+ 2,86	+ 4.2	+11,7	.....	.....	....	NE.	1	0.03
29	570,51	+ 2,76	570,26	570,76	+ 8.92	+ 3,66	+ 6,8	+14,0	.....	2,9	....	variable		0,47
30	570,68	+ 2,87	570,45	571,05	+ 6,87	+ 1,54	+ 6,1	+10,0	.....	.....	....	NE.	1	0,73

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1883.

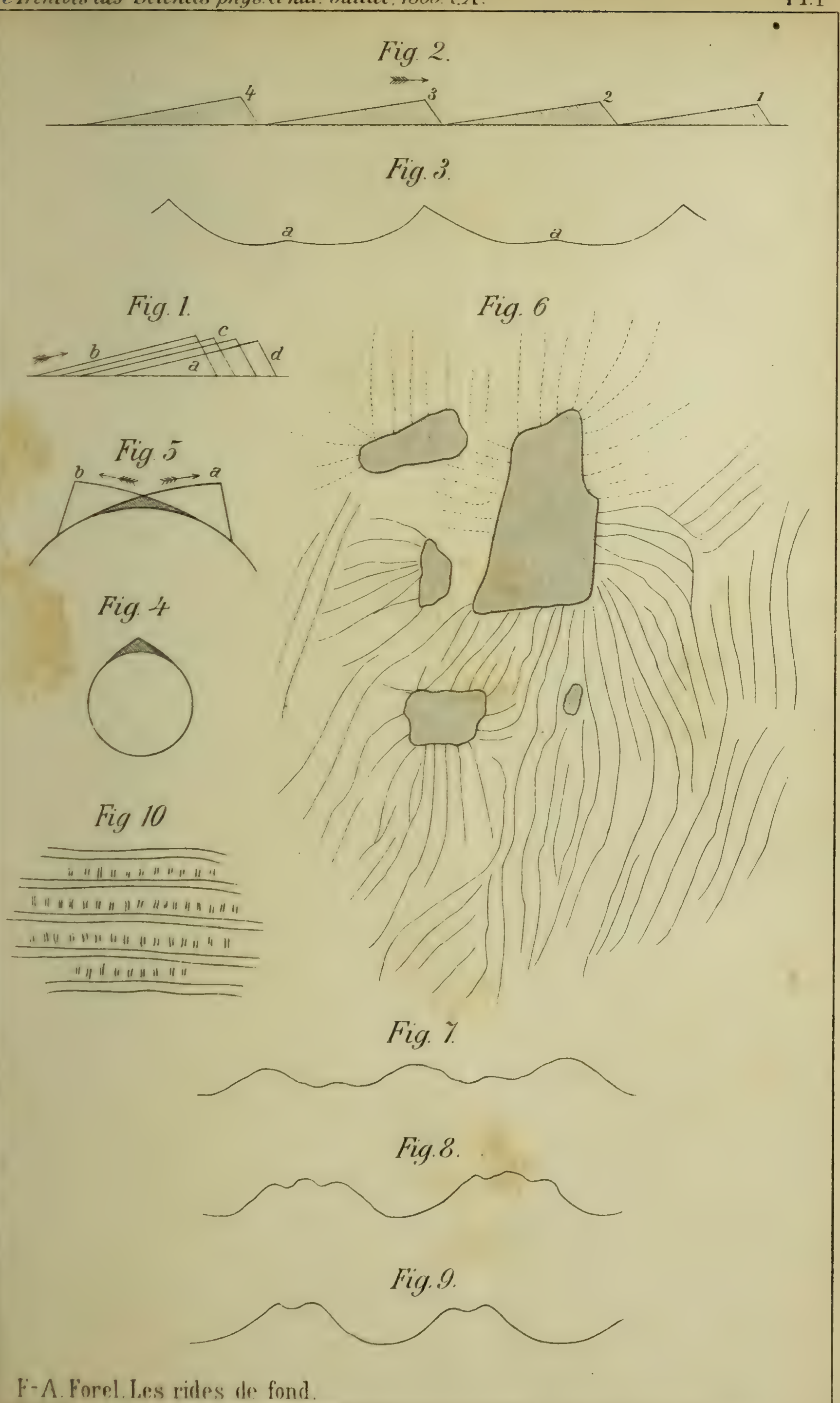
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,36	564,36	564,54	564,57	564,59	564,58	564,66	564,90	564,96
2e »	564,35	564,59	564,78	564,88	564,87	564,84	564,93	564,97	565,06
3e »	567,77	567,93	568,05	568,10	568,10	568,08	568,20	568,55	568,62
Mois	565,49	565,63	565,79	565,85	565,85	565,83	565,93	566,14	566,21
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,54	+ 3,92	+ 5,89	+ 6,86	+ 6,71	+ 6,06	+ 4,99	+ 3,81	+ 3,28
2e »	— 0,04	+ 0,99	+ 2,62	+ 3,54	+ 2,48	+ 3,05	+ 1,74	+ 1,50	+ 1,17
3e »	+ 2,56	+ 4,22	+ 6,97	+ 7,50	+ 8,12	+ 7,57	+ 5,93	+ 4,15	+ 3,41
Mois	+ 1,69	+ 3,04	+ 5,16	+ 5,97	+ 5,77	+ 5,56	+ 4,22	+ 3,15	+ 2,62

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 2,13	+ 7,30	0,72	36,3	60
2e »	— 0,44	+ 4,45	0,88	48,3	—
3e »	+ 2,08	+ 8,39	0,47	34,8	370
Mois	+ 1,26	+ 6,71	0,69	119,4	430

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,32 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 45,6 sur 100.



F-A. Forel. Les rides de fond.

Lith. F. Noverraz & Fils Genève

MOUVEMENTS REMARQUABLES

QUI SUCCÈDENT QUELQUEFOIS A LA

CHUTE DES GRAINS DE GRÊLE OU DE GRÉSIL

PAR

M. Daniel COLLADON

L'origine des grêlons et même celle des grains arrondis de grésil est un des phénomènes météorologiques fort difficile à éclaircir ; l'étude des faits qui accompagnent les chutes de grêle ou de grésil mérite donc un sérieux intérêt.

J'ai publié dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* t. XCII, et dans le journal *La lumière électrique,* 3me année, n° 5, quelques observations sur une chute de grésil observée à Genève, le 19 janvier 1881.

Voici le résumé de cette note :

Je viens d'être témoin d'un fait qui me semble mériter d'être connu des météorologistes, et qui, je crois, n'a pas été décrit.

Mercredi 19 janvier, nous avons eu à Genève de très fortes bourrasques, alternant avec des moments de calme, et accompagnées par intervalles de chutes de grésil ou

de neige ; entre onze heures et onze heures et demie du matin, le temps est devenu si sombre qu'on a dû allumer le gaz dans un grand nombre de maisons.

On a vu trois ou quatre éclairs et, presque en même temps, il est tombé une averse de grésil dont les grains avaient pour diamètre depuis une fraction de millimètre jusqu'à 5 ou 6 millimètres ; ils étaient remarquablement compactes et bien sphériques.

Leur température, que je n'ai pu mesurer, devait être notablement au-dessous de zéro, car le thermomètre suspendu aux montants de ma fenêtre marquait $+\,{}^1/_2{}^\circ$, et cependant les grains de petit diamètre ne commençaient à fondre qu'après plusieurs secondes.

La tablette de ma fenêtre était recouverte d'une nappe de ces grains de grésil sans aucun mélange d'autres flocons. Ces grains avaient des soubresauts probablement électriques fort singuliers rappelant la danse des pantins, ou les mouvements saccadés de petits fragments de moelle de sureau quand on approche d'eux un bâton de verre, ou de résine, préalablement électrisé.

Des grains de grésil, d'abord immobiles pendant 1 ou 2 secondes, étaient subitement lancés à quelques centimètres de distance dans diverses directions, et paraissaient bondir en sursaut par une forte répulsion, presque normale à la surface de la tablette, puis ils se précipitaient sur quelque point voisin recouvert de grésil.

Ces mouvements n'étaient pas causés par le vent et devaient probablement être dus à des influences électriques.

Le même fait a été remarqué à la même heure dans d'autres localités.

La genèse de ces grains de grésil, compactes, arrondis,

feutrés de petits cristaux, est aussi difficile à expliquer que celle des grêlons. On peut seulement entrevoir que l'électricité doit jouer un rôle essentiel dans leur production, car leur chute coïncide presque toujours avec la présence de nuages orageux.

La lecture de cette note a engagé M. Melsens de l'Académie royale de Belgique, à publier, dans le journal *La lumière électrique* du 26 février 1881, deux observations plus anciennes qu'il avait gardées en portefeuille, espérant pouvoir y joindre d'autres faits de même nature. Les observations de M. Melsens méritent d'être reproduites en partie, elles confirment celles que j'avais communiquées à l'Institut :

« Le 5 avril 1877, entre 4 et 5 heures du soir, j'ai « eu l'occasion de faire une observation qui m'a paru « très curieuse, pendant la chute d'une petite grêle ou « grésil qui n'a duré que quelques instants. En effet, les « petits grêlons, tombant à terre dans une cour pavée « en dalles de pierre bleue des Écoussines, sèches au mo« ment de la chute, étaient arrêtés sans ricocher, à une « faible distance du point de chute ; mais on en voyait un « nombre assez considérable qui, après avoir été immo« bilisés, rebondissaient tout à coup, avec une assez « grande force pour se distinguer parfaitement des « autres ; ils décrivaient une petite trajectoire de 30 et « même 60 centimètres de longueur. La hauteur du jet « pouvait atteindre jusqu'à 30 centimètres ; ces grêlons « paraissaient recevoir du sol une impulsion brusque ; « ils semblaient plus blancs, c'est-à-dire plus opaques « que les autres. Je fis remarquer le phénomène à une « jeune personne qui se trouvait près de moi, et lui « demandai de me dire ce qu'elle observait ; elle me dit

« qu'en effet, beaucoup de grêlons semblaient sauter « tout à coup. »

« Quelques jours après, pendant une faible chute de « grésil, je fis encore la même observation, mais le phé- « nomène n'eut qu'une durée très courte ; il me parut « encore évident que l'effet observé ne pouvait pas être « dû au ricochet produit par la chute des grêlons sur un « corps dur. »

J'ai eu l'occasion cette année 1883, d'observer deux faits analogues à ceux décrits ci-dessus. La première fois, pendant une chute de grésil dans la seconde quinzaine du mois de mars et sur la même fenêtre qu'en janvier 1881, mon observation a concordé de tous points avec la précédente, sauf que la durée de la chute de grésil fut assez courte, une forte neige ayant succédé au grésil au bout de trois ou quatre minutes. Les soubresauts présentaient les mêmes particularités, il était facile de constater qu'ils n'étaient pas occasionnés par l'agitation de l'air, ils ne pouvaient être attribués à un rebondissement élastique, puisque le ressaut était toujours précédé d'un temps de repos parfaitement appréciable.

Une autre observation que j'ai eu l'occasion de faire le 3 juin, a été surtout remarquable par sa durée et son intensité. Vers quatre heures de l'après-midi, étant aux Hauts-Crêts au sommet du coteau de Cologny, j'examinais un groupe de nuages remarquablement sombres, venant du Sud-Ouest, ces nuées avaient toutes les apparences de celles qui peuvent annoncer une chute de grêle : protubérances bosselées dans toutes leurs parties inférieures, mouvements tumultueux dans la masse, couleur gris cendré, éclairs fréquents, etc. ; un instant après, ces nuages arrivés près du zénith amenèrent une forte averse

de petits grêlons de cinq à huit millimètres de diamètre, la plupart bien arrondis et opaques, sans mélange de gouttes de pluie.

J'avais devant moi une large terrasse recouverte de fin gravier, sur laquelle s'étalaient ces grêlons dont un bien grand nombre avaient des soubresauts qui n'étaient causés ni par le vent, très léger en ce moment, puisqu'ils avaient lieu simultanément selon sa direction et en sens contraire; ni par le choc sur le sol, puisque ces bonds étaient précédés d'un temps de repos. La plupart étaient projetés à une hauteur de 25 à 30 centimètres en décrivant des trajectoires ayant 30 à 50 centimètres d'amplitude ; une personne placée près de moi a très bien constaté que ces grêlons, après un court instant de repos, semblaient chassés par une subite impulsion du sol. Ce curieux phénomène a continué pendant quatre ou cinq minutes, mais une chute croissante de pluie se mélangeant bientôt à celle des grains de grêle, le sol fut inondé et les soubresauts s'arrêtèrent.

Il arrive assez souvent qu'une chute de grésil ou de grêle est suivie assez promptement par de la neige ou des gouttes de pluie, l'inverse a rarement lieu.

Dans mes trois observations décrites ci-dessus, le grésil ne fut d'abord mélangé d'aucun flocon de neige, et le 3 juin les premiers grêlons n'étaient pas accompagnés de pluie.

On sait que dans les temps orageux les premières gouttes, ou les premiers grêlons, présentent un état électrique d'une notable intensité. Lorsqu'il grêle la nuit, il arrive parfois que les premiers grêlons paraissent lumineux [1].

[1] Dans une note Sur deux orages de grêle observés les 7 et 8 juillet 1875, publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de Paris, t. LXXXI, page 104, j'ai mentionné *que la surface du sol, et la colonne de grêle surtout, étaient phosphorescentes*.

Il est à noter que dans les trois occasions où j'ai pu observer attentivement les soubresauts des grains de grésil ou de grêle, ce phénomène coïncidait avec le commencement d'une averse provenant d'un nuage très fortement électrisé et ces grains n'étaient d'abord accompagnés ni de neige, ni de pluie, en outre la tablette ou le sol pierreux sur lequel ils venaient se reposer étaient des corps mauvais conducteurs d'électricité. L'ensemble de ces faits et la remarquable analogie de ces mouvements avec ceux que l'on observe sur les petits corps fortement attirés ou repoussés par un bâton de verre ou de résine, peut justifier la supposition que l'électricité joue un rôle important dans les faits observés par M. Melsens et par moi.

ÉTUDE

SUR LES

TREMBLEMENTS DE TERRE ET LES VOLCANS

PAR

M. le prof. F. CORDENONS

Introduction.

L'idée d'expliquer les grands tremblements de terre à l'aide de l'hypothèse qui fera le sujet de ce mémoire, m'avait frappé il y a déjà quelques années. Déjà alors j'avais essayé de la démontrer expérimentalement, autant du moins que me le permettait le peu de ressources dont je disposais. J'obtins des résultats tout à fait satisfaisants, mais étant alors occupé à d'autres travaux, le manque de temps m'empêcha de les publier. Quand plus tard j'ai eu le loisir de reprendre cette étude, j'ai été entraîné, en partant d'une prémisse, bien au delà des limites que je m'étais proposées par l'abondance des conclusions qui se présentaient à mon esprit dans le développement d'un sujet aussi vaste et encore nébuleux. Je ne me dissimule pas que le terrain que j'ai abordé est parsemé d'écueils et de précipices, et que bon nombre d'imprudents qui s'y étaient aventurés avant moi s'en sont mal trouvés.

Je ne sais si la publication de ce mémoire est un acte

de témérité ou de courage de ma part; le résultat seul pourra me montrer clairement si je dois continuer ou si je me suis trompé de route.

Padoue, 1883.

CHAPITRE I[er]

Classification des tremblements de terre.

§ 1. On peut distinguer deux catégories de tremblements de terre bien caractérisées. Il y a des tremblements de terre qui sont en relation évidente avec les volcans et les éruptions volcaniques; d'autres, en revanche, ne paraissent avoir avec ces phénomènes que des rapports très éloignés. Les tremblements de terre du premier groupe exercent leur action sur une périphérie restreinte qui, parfois, ne dépasse pas la base du cône volcanique; dans ce cas, la cause du phénomène est à une profondeur relativement petite. Les tremblements de terre du second groupe agissent sur de vastes étendues, même sur des continents entiers; la cause effective est alors presque toujours à de grandes profondeurs. — On peut très bien donner aux tremblements de terre de la première catégorie, l'ancienne qualification de *volcaniques,* tandis qu'il m'a paru plus correct d'appeler *endogènes* (de ενδο dedans et γενος génération) ceux de la seconde catégorie. Cette dénomination est préférable surtout au point de vue philologique, le nom de *telluriques,* adopté par quelques géologues, étant une répéti-

tion de l'idée qui est déjà dans le mot tremblement de terre[1].

L'explication qu'on donne généralement des tremblements de terre volcaniques est assez correcte. Ils sont évidemment l'effet de la force éruptive des volcans, latente ou en activité, suivant qu'ils précèdent ou accompagnent l'éruption.

C'est avec beaucoup de justesse que M. Stoppani, dans l'explication de ces phénomènes, les compare à ceux qui se manifestent lorsqu'on expérimente avec la marmite de Papin. — En effet, quand la vapeur condensée dans cet appareil trouve une issue au dehors par sa pression contre la soupape, la marmite se met à trembler. Si l'on a soin de la suspendre à une spirale élastique, on verra très distinctement le mouvement par saccades (*sussultorio*). Si l'on applique sur un côté de la marmite un poids quelconque, voici ce qui arrive. Le centre de gravité ne tombe plus sur le centre de figure; par conséquent il y aura en même temps production d'oscillations horizontales, car, dans ce cas, chaque mouvement de la soupape déplace le centre de gravité du système[2].

[1] Le professeur Stoppani, dans son *Corso di Geologia*, établit une catégorie intermédiaire de tremblements de terre qu'il appelle *périmétriques*. Il y comprend ceux qui agissent dans les zones volcaniques et autour de celles-ci. Cependant les phénomènes produits par ces tremblements sont identiques à ceux des autres endogènes; je les classe en conséquence parmi ceux-ci.

Je montrerai par la suite que la fréquence exceptionnelle de ces tremblements de terre dans les zones volcaniques est due, bien moins aux volcans qu'aux conditions spéciales des couches rocheuses constituant ces régions.

[2] On peut obtenir ces mêmes résultats, quoique en plus petites proportions, avec un vase quelconque contenant de l'eau. On chauffe le vase d'un côté seulement; alors les bulles de vapeur qui

Les volcans présentent des phénomènes semblables.

Le cratère d'un volcan en repos est bouché, sur une profondeur qui n'est pas grande, par une masse de lave à l'état de pâte plus ou moins consistante. Les vapeurs condensées dans les cavités les plus profondes du cratère ne peuvent se frayer un passage au dehors, qu'en rompant et soulevant en partie la croûte de lave. Celle-ci alors fonctionne comme la soupape de la marmite de Papin. La lave, par sa viscosité et son poids, referme bientôt la fissure, laquelle est reproduite immédiatement par les gaz emprisonnés de nouveau. Ce premier phénomène se renouvelle jusqu'au moment où la tension du gaz est assez faible pour qu'elle ne puisse plus vaincre le poids de la lave. Telle est l'origine des secousses saccadées alternées par des périodes de repos qui caractérisent principalement les tremblements de terre volcaniques.

Si les vapeurs se forment dans une cavité latérale, dont l'ouverture est bouchée par la lave, ils produisent en sortant, en plus du mouvement par saccades, une ondulation peu sensible. Dans ce cas toute échappée de gaz ou de vapeurs entraîne une diminution proportionnelle du poids de la grotte. Il s'ensuit un déplacement très petit du centre de gravité de la région qui est au-dessus et autour de la cavité. — Si le gaz doit passer dans une autre cavité fermée et latérale, le mouvement ondulatoire sera un peu plus sensible. Le phénomène alors est double, car nous sommes en présence d'une zone qui diminue de poids et d'une autre qui en augmente en proportion; c'est-à-dire que nous aurons une cavité où la pression diminue et une seconde où elle augmente.

s'élèvent s'épanouissant à la surface de l'eau, troublent l'équilibre en produisant des oscillations horizontales. Si l'on chauffe le vase au centre de son fond les oscillations seront uniquement verticales.

Les physiciens et les géologues sont bien d'accord dans l'explication des tremblements de terres volcaniques; mais il n'en est pas de même pour les tremblements de terre endogènes, sur lesquels on a déjà émis un grand nombre d'hypothèses contradictoires et opposées. Cette diversité d'opinion trouve sa raison dans le fait que nous ne pouvons pas observer directement la genèse des endogènes; de plus, l'ensemble des phénomènes qui les constituent et les accompagnent est beaucoup plus complexe que dans les tremblements volcaniques. Et ici je suis obligé d'énumérer brièvement ces phénomènes, attendu qu'il faut connaître à fond les symptômes d'une maladie, avant de se prononcer sur sa diagnose.

§ 2. Le caractère principal des tremblements de terre endogènes est leur vaste étendue. Le tremblement de Lisbonne de 1755 ébranla environ 300,000 myriamètres carrés, ce qui correspond à une surface trois fois plus grande que l'Europe. D'ailleurs les tremblements de terre les moins considérables intéressent toujours un rayon qui est au moins de quelques centaines de kilomètres [1]. Dans tous ces tremblements de terre, le mouvement ondulatoire domine, tandis que, dans les tremble-

[1] Il est certain que des tremblements de terre non volcaniques peuvent se manifester seulement sur quelque montagne, se bornant souvent à n'ébranler qu'un seul versant. Je ne crois pas nécessaire de m'en occuper, car on peut les considérer comme des éboulements avortés, plutôt que des vrais tremblements de terre. Le phénomène se produit alors parce que les couches superficielles de la montagne glissent brusquement sur des couches d'argile, ou s'enfoncent dans des cavités internes creusées par les infiltrations d'eau. Les secousses, dans ce cas, ont lieu à cause du *changement brusque du centre de gravité de la région*. Le mont Baldo près du lac de Garda est sujet à des tremblements de terre périodiques, qui paraissent dus aux causes indiquées.

ments volcaniques, c'est le mouvement par saccades qui a le dessus.

Un autre fait très important est que les secousses par saccades apparaissent les premières, et elles sont suivies par les secousses ondulatoires. De plus, ces dernières années on a constaté que les secousses ondulatoires conservent toujours les mêmes directions, dans tous les tremblements d'une région, et que les premières ondes et les plus puissantes sont suivies par d'autres plus faibles en direction opposée. On a aussi découvert que la direction des premières ondes est parallèle à la chaîne la plus importante des montagnes de la région. Par exemple, dans l'Italie moyenne et basse les ondes telluriques principales sont parallèles aux Apennins, et dans l'Italie supérieure elles sont parallèles aux Alpes. En Amérique elles suivent la direction des Andes. En Sibérie, à Solengnisk près de la frontière chinoise, où les tremblements de terre sont fréquents, les ondes sont toujours dirigées du sud au nord, c'est-à-dire qu'elles ont pour point de départ les montagnes qui entourent le lac Baïkal. Il faut avouer que des notices exactes à cet égard font défaut pour une grande partie de l'Asie, de l'Australie et de l'Afrique ; cependant l'histoire de tous les pays civilisés confirme cette loi ; elle doit donc être générale. De telles données abondent en Italie, où les phénomènes sont depuis plusieurs années le sujet d'études sismodynamiques profondes. Je pourrais en citer une série très longue, mais désirant être bref, je renvoie le lecteur aux ouvrages du professeur Serpieri, de MM. Gatta et Percalli et principalement au *Bollettino del volcanismo italiano* savamment et soigneusement rédigé par le professeur de Rossi. Je me bornerai à noter seulement le fait que dans

toute région, les constructions placées diagonalement à la direction des ondes résistent mieux, tandis que les constructions parallèles à cette direction, même celles des Romains si solides pourtant, sont renversées ou présentent des fissures parallèles aux ondes les plus puissantes.

On sait dès l'antiquité la plus reculée, que les tremblements de terre sont presque toujours accompagnés de bruits souterrains. Dernièrement le microphone a mis en évidence que des sons semblables accompagnent aussi les oscillations infiniment petites que les sismographes seuls peuvent ressentir. Les observations de M. le professeur de Rossi faites au Latium, de M. Palmieri au Vésuve, de M. Malvasia à Bologne et d'autres, pratiquées dans des régions différentes, montrent des particularités bien singulières. Les bruits sont tantôt des frémissements (fremiti), tantôt des explosions (scoppi). Parfois ces dernières sont isolées, parfois elles se suivent comme un feu roulant de mousqueterie. Parfois les bruits ont un son métallique comme celui des cloches, parfois ils sont profonds et presque étouffés (cupi). De plus on a observé que le sismographe marquait des secousses par saccades, lorsque les bruits ressemblaient à un feu de mousqueterie, tandis qu'il indiquait des secousses ondulatoires lorsqu'il y avait des frémissements. D'ailleurs ces bruits et ces secousses microscopiques sont plus fréquents et ils ont une étendue périmétrique plus vaste dans les jours qui précèdent les grandes secousses, à tel point que quelques heures avant celles-ci ils ressemblent à de petits tremblements de terre. Je note ici, incidemment, que d'autres secousses se succèdent quelques heures, ou parfois même quelques jours après le phénomène, et sur le même territoire. Ces secousses cependant ont dans la règle une intensité très inférieure aux premières.

Un autre phénomène spécial est le développement d'électricité. Les expériences de Becquerel et d'autres électriciens ont montré que, toutes les fois qu'on pratique une fracture dans un solide, il se développe une certaine quantité d'électricité, laquelle est naturellement en proportion de la surface et de la masse des solides fracturés.

D'autres expériences prouvent qu'on peut obtenir le même résultat en comprimant deux corps, pour les écarter immédiatement après. On connaît l'expérience des deux disques métalliques de Libes. On peut même la répéter, par exemple, avec un morceau de mica. Si dans l'obscurité on en sépare rapidement les couches, on voit apparaître une lueur due à l'électricité. Cela doit aussi se passer dans les couches profondes du sol, avec cette différence qu'ici les couches disjointes avec violence ont un volume qui est toujours considérable et qui peut même être très considérable. Il ne faut donc pas s'étonner ni des éclairs qui paraissent sortir du sol durant les tremblements de terre, ni de la commotion singulière que les animaux et les personnes nerveuses ressentent à l'approche du phénomène, ni des courants qui troublent les fils télégraphiques, la production d'électricité étant proportionnelle aux masses énormes déplacées.

Par contre, les physiciens et les géologues sont très embarrassés à donner une explication quelconque de la concordance du tremblement de terre avec l'attraction lunisolaire.

Schmidt[1], directeur de l'observatoire astronomique d'Athènes a réussi, d'après ses propres observations et les catalogues faits par d'autres, à recueillir des données

[1] Dr J.-F. Schmidt, *Studien über Erdbeben*, Leipzig, 1875.

sur plus de 2000 tremblements de terre, qui ont eu lieu en Grèce et à Smyrne, dans les 50 dernières années. Il en a déduit, qu'on observe un minimum à l'époque des quadratures et un maximum aux syzygies, avec une augmentation notable dans les jours de pleine lune. Perrey[1] était déjà arrivé aux mêmes conclusions, d'après les données très nombreuses sur les tremblements de terre de la basse Italie. Dernièrement le professeur Forel de Morges[2] a confirmé le même fait, d'après les données recueillies en Suisse.

On a examiné les registres du professeur Bertelli de Florence, où les mouvements microscopiques du sol sont marqués par le tromosismomètre de son invention. On a constaté une allure rhytmique en accord avec les phases lunaires, et ayant un maximum aux syzygies.

En outre, on observe, suivant les localités, une coïncidence bien définie des tremblements de terre avec le passage de la lune aux méridiens supérieur et inférieur. D'autre part, indépendamment de ces passages de la lune et des syzygies, les secousses qui ont lieu pendant les heures de la nuit présentent une fréquence presque double de celles qui arrivent aux autres heures. Le fait d'un maximum à minuit dépend évidemment, comme nous le verrons après, de l'attraction solaire[3].

[1] A. Perrey, *Propositions sur les tremblements de terre et les volcans*. Paris, 1863.

[2] *Archives des sc. phys. et nat. de Genève*, 1881, 15 novembre.

[3] Des notices plus détaillées sur ce sujet se trouvent dans l'ouvrage cité de Gatta; j'ajouterai seulement que les différences en faveur du passage de la lune sur le méridien correspondent à un huitième et quelquefois à un cinquième des cas, et que les différences des syzygies varient d'un quatorzième à un seizième des cas. Cela est peu de chose, mais suffit à établir que la position de la lune peut, dans quelques cas, déterminer le moment du phénomène.

On n'a découvert aucune connexion quelconque évidente du redoutable phénomène avec les pressions et les perturbations atmosphériques ; on a seulement observé que les dépressions barométriques sont presque toujours accompagnées de mouvements microsismiques.

La statistique nous fournit aussi des données, mais incertaines sur l'influence du froid en hiver et de la chaleur en été ; on peut cependant reconnaître une fréquence un peu plus grande en hiver.

Il est douteux également qu'il existe une concomitance entre les tremblements de terre endogènes et les éruptions volcaniques. Quelquefois, dans les zones volcaniques surtout, les tremblements de terre sont suivis d'éruptions ; mais dans la plupart des cas le phénomène a lieu sans que les volcans en donnent le moindre signe.

Il me semble utile de noter qu'on a observé quelquefois, à la suite de tremblements de terre très forts, que la zone la plus ébranlée avait fini par se soulever. Au Chili, en 1822, à la suite d'un tremblement de terre, une région de plus de cent lieues carrées se souleva, et sur quelques points, jusqu'à une hauteur de deux mètres. En 1835, toujours au Chili, d'autres régions se soulevèrent jusqu'à un mètre, pour ensuite s'abaisser petit à petit et rester à la hauteur de 60 centimètres.

En 1819, aux Indes orientales, dans les plaines voisines du Delta du Gange, il se forma un soulèvement ayant une longueur de cinquante lieues, une largeur de seize et une hauteur de trois mètres. En même temps il y eut, du côté de la mer, un abaissement d'environ deux mètres sur une zone de deux cents lieues carrées; cet abaissement équivaut à un sixième environ du soulèvement. Un fait semblable, quoique dans des proportions moindres, fut

observé lors du tremblement de terre de Calabre, en 1783.

Il est très probable que plusieurs faits analogues ont eu lieu, mais la plupart échappent aux observations, à cause de leurs proportions habituellement minimes.

Il me faudrait aussi toucher à d'autres phénomènes, qui accompagnent parfois certains tremblements de terre endogènes. J'ai déjà énuméré les plus importants, les plus généraux et les mieux établis; j'en reste là pour ne pas ennuyer le lecteur et je vais exposer les hypothèses qu'on a données pour expliquer les causes de ces effets multiples.

CHAPITRE II

Examen des hypothèses proposées pour expliquer les causes des tremblements de terre endogènes.

§ 1. Je devrais commencer cette revue par l'exposition et l'analyse de toutes les hypothèses des anciens. Mais ce serait un travail long, pénible et sans but. Presque tous les anciens philosophes avaient des idées très fausses sur les lois qui régissent la matière, et presque toutes leurs hypothèses se ressentent de ce défaut, et ne peuvent soutenir l'épreuve d'un examen sérieux. Je me bornerai donc à énumérer les hypothèses principales, par le motif que quelques-unes renferment le germe des hypothèses modernes.

Anaximènes paraît avoir été le premier à s'occuper de cette question. Il admettait que les tremblements de terre ont pour cause la sécheresse qui fend la croûte terrestre et la pluie qui fait tomber les blocs, soit des flancs

des montagnes, soit dans les cavités creusées dans l'intérieur de la terre[1].

Anaxagore dit que la cause des tremblements de terre est l'éther renfermé dans les cavernes qui se porte en haut.

Démocrites s'arrête aux eaux de pluie, qui dans les saisons humides, ne pouvant pas être contenues dans les cavernes, débordent au dehors.

Aristote, discutant les opinions de ses prédécesseurs formule l'hypothèse de la vapeur d'eau à haute température (comme on dirait aujourd'hui) et sous une grande tension, résultant de la chaleur intérieure des volcans. — D'autres ont affirmé que les fleuves souterrains, interrompus dans leur cours par des éboulements, étaient la cause des tremblements de terre; d'autres, enfin, que c'étaient les vents luttant entre eux dans les grottes, où, d'après la mythologie, ils étaient renfermés.

J'abandonne ce sujet, car si je voulais citer toutes les hypothèses étranges des anciens, j'en aurais pour longtemps encore. Je passe donc aux théories modernes.

§ 2. Suivant M. Perrey[2], on doit chercher la cause des tremblements de terre dans le flux et le reflux de la mer de lave intérieure. D'après cet auteur, le choc de cette masse énorme contre la croute terrestre serait la cause du phénomène. Mais si cela était vrai, une fois le choc arrivé, les tremblements de terre devraient se succéder régulièrement comme le flux et le reflux de la mer, la

[1] Anaximènes ne se prononce pas sur la forme de la terre, ce qui empêche de comprendre exactement où les chutes doivent arriver; il entendait probablement dans les cavités.

[2] A. Perrey, *Propositions sur les tremblements de terre et les volcans*. Paris, 1863.

cause des deux marées interne et externe étant la même. On aurait donc dans chaque région deux secousses par jour, correspondant à la marée haute. Mais cela n'a lieu dans aucun pays du globe. Cette concordance régulière n'a pas même lieu pour les mouvements microsismiques. Il en résulte ceci : ou la marée intérieure n'existe pas, ou, si elle existe, il faut en conclure que la croûte terrestre a une élasticité suffisante pour supporter des déformations petites et régulières sans vibrer. Je montrerai par la suite que, s'il y a influence de l'attraction luni-solaire, elle doit se borner, et seulement dans quelques cas, à déterminer le moment du phénomène. — Je reprends maintenant la revue commencée.

§ 3. L'hypothèse de blocs tombant de la voûte de cavités souterraines, proposée par Anaximènes et appuyée ensuite par Épicure, a été, au commencement de notre siècle, reprise par Boussingault dans le but d'expliquer les tremblements de terre qui dévastent la région des Andes. Hopkins[1] et Volger[2] ont, plus tard, généralisé cette idée, soutenant que presque tous les tremblements de terre, même les plus vastes, procèdent de la même cause.

Il est fort probable que Boussingault avait raison, au moins en partie, pour ce qui regarde les Andes. Ces montagnes présentent des amas de couches tellement enchevêtrées, que les cavernes doivent y être nombreuses et les éboulements fréquents. Mais alors comment expliquer, à l'aide d'une telle hypothèse, tous les tremblements de terre qui se manifestent dans les terrains plats ?

[1] Hopkins, *Meeting of the British Association at Oxford*, 1847.
[2] Volger, *Erde und Ewigkeit.*

Supposons une grande caverne : on sait que les plus vastes ne mesurent pas au delà de 2 kilomètres carrés. Supposons qu'un bloc tombe de la voûte et même qu'il ait la largeur de celle-ci et une épaisseur de plusieurs mètres. Comment se peut-il que sa chute puisse ébranler, comme dans la catastrophe de Lisbonne, un tiers environ de la surface terrestre, bouleverser depuis les plus grandes profondeurs les eaux de l'Océan Atlantique, de la mer du Nord et de la Méditerranée, et jusqu'à celles des lacs du lointain Canada ?

En premier lieu, il n'est pas possible qu'une cause tellement minime produise des effets si grands ; en second lieu, à mon avis, l'oscillation du sol résultant de ces chutes ne pourrait pas se propager bien au delà du point de départ.

Je prie le lecteur de me suivre attentivement dans la démonstration que je vais donner ici de ces phénomènes. Supposons une caverne quelconque : si un bloc se détache de la voûte, les oscillations se produisent fortement sur le terrain qui est immédiatement au-dessus de la grotte, tandis que dans la zone environnante les secousses perdent en grande partie leur intensité, pour ensuite se dissiper promptement.

La raison en est que d'abord au delà de cette zone l'élasticité de la voûte vient brusquement à manquer : puisque, dans ce cas spécial, le volume et par conséquent le poids de la voûte sont le facteur principal de la puissance de la secousse. Or c'est la voûte qui, la première, doit se mettre en mouvement ; elle doit repousser et déplacer toutes les couches inférieures et supérieures de la fraction de croûte terrestre qui environne la cavité, ces couches étant inertes par elles-mêmes. La voûte d'une ca-

verne, c'est-à-dire l'ensemble des couches qui la recouvrent, si grande qu'elle soit, est toujours très peu de chose, si on la compare à l'épaisseur de la croûte terrestre. Enfin, on peut supposer encore que les couches du sol de la caverne entrent aussi en vibration à la suite du choc qu'elles ont éprouvé. Mais ces vibrations ne peuvent pas être à l'unisson de celles des couches de la voûte, à cause de leur direction opposée. Il en résulte, qu'à la base de la voûte, là où les couches se réunissent, les oscillations se contrarient mutuellement, se détruisant ainsi au moins en partie.

Une figure éclaircira mieux ce fait.

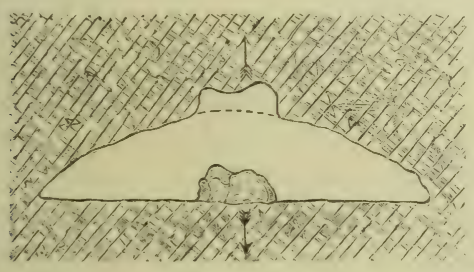


Figure 1.

Je suppose, pour mieux simplifier, que la caverne s'étende horizontalement sur une surface circulaire, ou presque circulaire, et que les couches au-dessus de sa voûte soient horizontales, de manière que leur poids soit également distribué. Le bloc peut se séparer du centre de la voûte ou de ses côtés. J'envisage d'abord le premier cas, les phénomènes produits étant plus simples. Dans ce cas le centre de gravité de la voûte n'est pas déplacé latéralement, mais reste sur la verticale primitive. Les terrains superposés à la caverne vibreront uniquement par

les oscillations verticales résultant de l'élasticité de la voûte. La première secousse sera de bas en haut. Par contre, les couches qui forment le sol de la caverne, en supposant toutefois que le bloc ne rencontre pas d'eau, mais qu'il frappe sur le fond, oscilleront aussi verticalement; mais leur première oscillation sera de haut en bas, c'est-à-dire dans une direction opposée à celle de l'oscillation de la voûte.

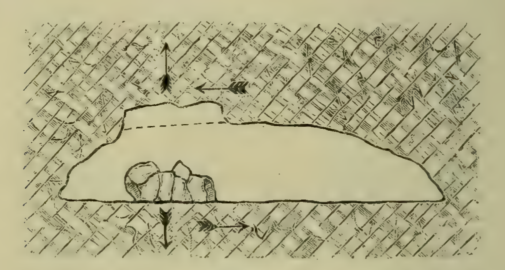


Figure 2.

Si les blocs se détachent tous d'un côté de la voûte, il se formera, en outre, des secousses ondulatoires, car, dans ce cas, le centre de gravité se déplace aussi horizontalement. Supposons en effet que les blocs se séparent tous du côté gauche, comme dans la fig. 2. La partie de la voûte à droite, *étant devenue la plus pesante,* sera poussée brusquement vers l'autre partie qui réagira par son élasticité. Par conséquent, la première secousse vers la gauche, sera suivie d'une autre secousse vers la droite, et ainsi de suite alternativement jusqu'à fixation définitive du centre de gravité de la voûte. Un phénomène semblable se produira, quoique dans une très petite proportion, pour le sol de la caverne au moment où il recevra le choc des masses tombantes. Dans ce cas, la première et plus

grande secousse sera de gauche à droite, le plus grand poids passant à gauche.

En un mot, je le répète, cette hypothèse ne peut expliquer que des tremblements de terre, même assez forts, mais ayant une étendue restreinte, comme le tremblement de Casamicciola en 1881 [1].

En appui de cette opinion, qui d'ailleurs fut premièrement soutenue par le prof. L. Palmieri, il y a ces faits. L'île d'Ischia présente plusieurs sources thermales, riches en substances minérales prises certainement dans les couches profondes. Il est par conséquent très probable, et même presque certain, qu'il doit exister sous l'île de vastes cavernes. De plus, la zone ébranlée était très restreinte, se bornant au seul petit village de Casamicciola, depuis lequel on passait, presque sans transition, à un territoire peu éprouvé. La bourgade vers la mer, où sont les établissements de bains, à une distance de quelques hectomètres de Casamicciola, en avait très peu souffert, et bien moins encore les autres bourgades et villes de l'île. Habituellement chaque tremblement de terre de quelque importance, qui a lieu près du rivage de la mer, est accompagné de tremblement de mer (maremoto). Cependant à Ischia, la mer ne ressentit aucune commotion, même directement autour de l'île. A Procida, éloignée seulement de trois lieues, les secousses ont été à peine sensibles, et à Naples les sismographes de l'université et du Vésuve ne donnèrent pas le plus petit signe de mouvement. Évidemment le mouvement s'était propagé à une petite distance de l'île qui avait été son point de départ.

[1] On pourrait peut-être attribuer à cette cause le tremblement de terre qui a eu lieu à Sienne en 1798, et bien d'autres que je ne peux citer faute de données certaines.

Je note ici, par parenthèse, qu'un très petit tremblement de terre arrivé une année auparavant à Ischia, quoiqu'il fut si peu considérable que plusieurs des habitants ne s'en étaient pas même aperçus, peut-être parce qu'il avait son point d'origine dans les couches les plus profondes de la croûte terrestre, fut cependant enregistré par les sismographes, dont nous venons de parler, et d'autres encore placés à une distance plus grande.

Quelques habitants de Casamicciola affirment avoir senti la maison où ils se trouvaient se soulever un instant avant qu'elle tombât en ruine. Tous sont d'accord à dire que le mouvement paraissait venir du mont Epomeo, ce que d'ailleurs témoignent encore les fissures des constructions restées en place. Par conséquent la première secousse a été verticale ; elle a été immédiatement suivie par la première secousse ondulatoire venant du sud, et celle-ci par la secousse de retour arrivant du nord. D'autres secousses en sens opposé, venant du sud-est, se sont mêlées aux premières. Le professeur J. de Rossi les explique par la réaction des premières secousses. Je crois cependant que la cause est tout autre; je l'expliquerai par la suite.

Un fait important et digne de remarque, c'est que déjà en 1828 la même bourgade de Casamicciola fut atteinte par un tremblement de terre qui présentait des caractères identiques, les habitants eurent la sensation comme si la première secousse *partait de l'Epomeo*. Dans les deux tremblements de terre, quelques heures avant la catastrophe, on a ressenti comme un craquement et d'autres bruits étranges, qu'on peut très bien considérer comme un indice que les blocs commençaient à se détacher de la voûte d'une caverne. Il me semble évident que l'hypo-

thèse indiquée plus haut explique très bien les mouvements principaux. Il suffit de supposer une caverne creusée en partie sous la montagne et en partie sous Casamicciola. Si un bloc se détache de ce côté, la direction de l'onde principale sera déterminée par la montagne, laquelle dans notre cas est le mont Epomeo, un ancien volcan qui domine par sa masse l'île tout entière.

Je m'aperçois que la jolie Ischia, l'ancienne sirène de la mer tyrrhénienne, avec son aspect souriant et pourtant recélant la trahison et la mort, m'entraîne hors de ma route; il est temps de revenir au sujet[1].

[1] J'avais déjà écrit ces lignes et elles étaient prêtes à être imprimées, lorsque survint le foudroyant désastre qui bouleversa Casamicciola et les bourgades qui l'environnent.

Quoique cette fois le tremblement de terre ait pris des proportions plus grandes et plus terribles que celui qui détruisit en 1881 une partie de cette infortunée petite ville, je pense que la cause en est toujours la même. En effet, la partie de Casamicciola qui a été renversée fut la partie haute, placée au pied du mont Epomeo, dans une petite vallée qui s'étend de l'est à l'ouest ; et c'est dans cette direction, c'est-à-dire parallèlement à l'Epomeo que s'étendent aussi les autres bourgades qui ont le plus souffert. Lacco-Ameno peut être considéré comme un des faubourgs de Casamicciola. Torio, grosse bourgade placée à l'ouest, a été détruite dans la partie qui s'étend du côté de Casamicciola.

Le versant méridional de l'Epomeo fut aussi ébranlé, mais les secousses y furent moins fortes. De ce côté, le hameau Fontana, qui est placé à la moitié du mont, a été fort endommagé, les autres villages qui s'étendent à ses pieds souffrirent bien moins. Le chef-lieu de l'île, la petite ville d'Ischia, quoique bâtie aussi sur un terrain rocailleux, fut épargnée comme en 1881.

Évidemment les secousses du dernier tremblement de terre eurent, comme dans les événements des années 1828 et 1881, leur centre dans le versant septentrional de l'Epomeo, parce qu'elles bouleversèrent le même territoire. Si cette fois les ruines s'étendent dans une périphérie un peu plus grande, cela dépend de la force des secousses qui fut très grande. Mais quoique l'ébranlement ait été

§ 4. Dans ce même siècle on est encore revenu à la vieille théorie d'Aristote. Comme elle présente à première vue une certaine apparence de vérité, elle a été soutenue

très fort et que les victimes soient très nombreuses, la portion de l'île la plus gravement endommagée est fort restreinte : elle ne mesure qu'à peu près 6 kilomètres dans la direction ouest-est et de 4 dans l'autre direction. Si cette fois le mouvement ondulatoire rayonna jusqu'à Naples et à Salerne, dans ces deux villes il était presque imperceptible.

La différence entre ces deux tremblements de terre et les ordinaires est donc telle, qu'il faut les ranger à part dans une catégorie spéciale.

Le tremblement de terre qui en 1873 causa quelques dégâts à la ville de Rimini, — dégâts nullement comparables à la dernière catastrophe d'Ischia, — secoua presque toute l'Italie, c'est-à-dire s'étendit de Bellune, ville située au pied des Alpes Carniques, à Chieti, placée sur les Apennins méridionaux. Le tremblement de terre dit de Bellune, qui suivit dans la même année, secoua tout le territoire compris entre Urbino et Inspruck, d'une part, et de l'autre entre Pola et Turin ; pourtant, quoique le rayonnement ait été si vaste, très peu de bâtiments tombèrent en ruine, et il faut aussi ajouter que la plupart de ces bâtiments étaient défectueux dans leur construction.

Pour expliquer le peu d'étendue que présente le mouvement tellurique dans la dernière catastrophe de Casamicciola, et dans les deux antérieures, il faut ou admettre l'hypothèse que je soutiens, ou admettre l'explosion d'une espèce de mine, explosion produite par l'accumulation de gaz. Mais à cette dernière hypothèse s'oppose le fait que cette fois, comme dans les événements de 1881 et 1828, les secousses horizontales principales étaient surtout dirigées du sud au nord. Or si la cause était due à une explosion souterraine, le mouvement tellurique *aurait dû rayonner de son centre dans toutes les directions.*

Quant à l'hypothèse soutenue par certains plutonistes qui veulent que la cause du désastre soit due à un réveil de l'activité volcanique, quoiqu'elle semble appuyée par quelques phénomènes pseudo-volcaniques, tels que la présence des *fumerolles* dans les crevasses du mont Epomeo, je crois qu'elle est peu soutenable. Les tremblements de terre volcaniques ont des formes spéciales bien différentes de celles que présentent les tremblements de terre que j'appelle

par plusieurs géologues. En effet, rien n'est plus naturel que de se figurer de l'eau provenant des pluies ou de la mer pénétrant par infiltrations dans les cavités souterraines; une foule d'expériences nous apprennent qu'à une certaine profondeur, qui ne doit pas être très grande, l'eau passe rapidement à l'état de vapeur. Si la tension de la vapeur devient suffisante, la cavité pourra faire explosion, comme le ferait une chaudière de machine à vapeur.

Cela est très vrai, très possible, mais examinons tant soit peu de quel côté l'explosion pourra arriver. A première vue il semble probable que c'est la voûte de la caverne qui doit s'ébranler. Mais alors, à chaque tremblement de terre, une masse énorme de vapeurs devrait se dégager avec une grande force, ce qui n'a jamais été observé par personne. Donc l'explosion ne peut pas arriver du côté de la voûte.

Il se pourrait alors que la vapeur enfonce une des parois latérales, pour pénétrer dans une autre cavité. Dans ce cas, outre les secousses par saccades, on aurait aussi des secousses ondulatoires, car, comme je l'ai dit pour les

endogènes, formes qui se manifestèrent aussi presque toutes dans ce cas spécial. Quoiqu'il soit très probable que l'Epomeo n'est pas tout à fait mort, mais seulement endormi dans une de ses longues périodes de repos parfait, je ne crois nullement que la destruction de Casamicciola soit son œuvre. Je n'entends toutefois pas exclure complètement la coopération des forces volcaniques. Le réveil de ces forces s'est montré quelques jours auparavant par une augmentation des vapeurs des *fumerolles* et de la chaleur des eaux thermales de l'île. Or, ces phénomènes doivent être accompagnés d'un accroissement proportionnel de la tension de vapeur dans les cavités intérieures. Il peut donc arriver que cette vapeur, avec sa grande pression, ait *déterminé, ou au moins hâté* la chute d'une ou de plusieurs des couches qui forment le plafond de la caverne qui recèle les eaux thermales.

tremblements de terre volcaniques, nous sommes en présence d'une cavité qui diminue de poids et d'une autre qui en augmente dans la même proportion; mais il faut, pour que la secousse soit bien sensible, que la brèche soit large, de manière que le changement d'équilibre dans la pression ait lieu tout à coup. Si la vapeur doit passer par une étroite fissure, aucune secousse ne peut avoir lieu; tout au plus y aura-t-il de très petits ébranlements par le fait de la diminution graduelle de pression dans la caverne.

Supposons toujours le cas d'une brèche large : le tremblement de terre à la surface du sol commencera par une secousse de haut en bas, le premier mouvement de la voûte de la cavité consistant dans un abaissement rapide. Or, on a constaté dans tous les tremblements de terre de quelque importance que la première secousse a lieu de bas en haut[1]. Donc, sans contester la possibilité qu'un tremblement de terre ait lieu par la cause indiquée, on peut conclure qu'elle n'explique qu'un petit nombre de tremblements de terre des *moins désastreux*[2].

Körber, en 1844[3], et dernièrement le professeur L. Bombicci[4] ont expliqué le phénomène qui nous occupe par l'explosion de gaz inflammables ascendants. M. Kör-

[1] Dans tous les plus grands tremblements de terre on a observé que la mer, au commencement du terrible phénomène, se retirait des rivages pour les envahir ensuite avec des vagues énormes. On ne peut naturellement pas supposer avec les anciens que la mer soit alors engloutie dans les abîmes et rejetée ensuite. Il faut donc que le premier mouvement de la croûte terrestre soit de bas en haut.

[2] Lemery substitue à l'action de la vapeur celle des gaz sulfureux se dégageant, suivant lui, des combinaisons chimiques du fer et du soufre. Au fond cette théorie est identique à celle de la vapeur d'eau; je crois donc inutile de m'en occuper.

[3] Körber, *die Erdbeben*, 1844.

[4] L. Bombicci, *Memoria sui terremoti*.

ber examine le fait au point de vue dynamique, et en essaie l'explication, en le rapprochant de ce qui a lieu dans les mines. M. Bombicci l'étudie au point de vue chimique et cherche à s'expliquer de quelle manière les explosions ont lieu. Les recherches faites par ces deux savants se complètent mutuellement, car même en acceptant toutes les conclusions de Bombicci, le fait doit être, comme Körber l'indique, analogue à l'explosion d'une mine.

Examinons maintenant brièvement ce qui se passe dans l'explosion d'une mine. D'abord, si elle est puissante et pas trop profonde, on voit, au moment de l'explosion, une petite éruption d'éclats de pierres (*lapilli*), lesquels ne sont autre chose que les fragments des roches au-dessus de la mine. On n'a jamais observé ce fait dans aucun tremblement de terre endogène. Il faut en conclure, ou que la masse de gaz qui fait explosion est peu considérable, ou que la caverne dans laquelle a lieu l'explosion se trouve à une grande profondeur. Dans le premier cas, le tremblement de terre sera très faible et s'étendra sur une périphérie restreinte; dans le second cas, sa périphérie sera beaucoup plus grande. Cependant dans les deux cas, les secousses prendront des allures spéciales, très différentes de celles qu'on a généralement observées à toutes les époques et dans tous les pays.

Supposons une cavité de forme régulière, c'est-à-dire ayant une largeur qui égale à peu près sa longueur. Les poussées peuvent alors s'exercer contre toutes les parois avec une force égale. Les ondes partiront d'un centre commun, c'est-à-dire de la région située immédiatement au-dessus de la caverne. Par conséquent la première onde devrait avoir, dans les pays environnants, des

directions divergentes entre elles comme les rayons d'une roue.

Mais supposons que la cavité soit une de ces vastes fissures du sol qui se sont ouvertes lors de la formation des grandes chaînes de montagnes [1]. Dans ce cas l'explosion agira sur les deux parois avec une force égale. Il s'en suit que les ondes, au deçà et au delà de l'axe de la fissure, prendront des directions opposées. Si la fissure s'étend dans la plaine, perpendiculairement à une chaîne de montagnes plus ou moins voisine, il y aura deux ondes opposées qui se mouvront dans une direction qui ne sera pas parallèle, mais perpendiculaire aux montagnes. Si par contre cette fissure est parallèle à la chaîne de montagnes, la première onde se dirigera d'un côté vers celle-ci, tout en s'éloignant de l'autre.

Il résulte au contraire d'observations très nombreuses et exactes que c'est juste l'opposé qui a lieu. La première onde ne diverge pas du foyer ou centre sismique, mais au contraire elle y converge. Si le foyer est placé au-dessous d'une plaine, à une certaine distance d'une chaîne de montagnes, à la première apparition du phénomène, le mouvement se propage des montagnes à la plaine, mais jamais de celle-ci aux montagnes.

On a observé que lorsque le foyer sismique est situé à peu près au-dessous de l'axe des Apennins, le mouvement est parfois perpendiculaire à la direction générale des montagnes tandis qu'il est habituellement parallèle dans les régions qui se trouvent au pied de cette chaîne. Si l'on a remarqué des ondes dans un sens opposé,

[1] Ces fissures, par des raisons bien connues, sont toutes disposées ou parallèlement ou perpendiçulairement à l'axe des chaînes des montagnes qui en se soulevant les originèrent.

celles-ci arrivaient les dernières, étant aussi les moins puissantes.

De plus, ces deux dernières hypothèses ne peuvent pas expliquer les petits tremblements de terre et spécialement ceux qui suivent, à quelques heures de distance, les grands tremblements de terre dans les mêmes régions. S'il s'agit de la vapeur d'eau, une fois que celle-ci a trouvé issue par une brèche, il est probable que dans la même caverne une forte tension ne pourrait plus se former, car la vapeur sortirait à mesure qu'elle se produit, Il faudrait donc que la brèche fût de nouveau bouchée. Mais alors il s'écoulerait un temps certainement assez long avant que l'eau pénètre dans la cavité en quantité assez grande, pour produire par sa vapeur une tension suffisante. On sait que l'eau ne peut arriver dans une caverne que par capillarité, car, si elle passait par des ouvertures un peu grandes, c'est aussi par celles-ci que la vapeur sortirait. Donc, je le répète, il faut un temps qui ne peut être court, certainement des mois, peut-être des années. Il en est de même pour les gaz inflammables. Une fois que l'explosion a lieu, il faut que la charge de la mine se reproduise lentement. Même en admettant avec Bombicci que les gaz proviennent des hydrocarbures ou de la décomposition des matières organiques renfermées dans les couches supérieures, ils ne peuvent s'accumuler que lentement. Les tremblements de terre, dans ce cas, devraient se reproduire à intervalles presque égaux, ce qui n'a pas lieu.

D'autre part, toutes ces théories ne peuvent expliquer le fait d'une fréquence maximum des tremblements de terre, pendant certaines heures de la nuit, ni leur coïncidence avec les syzygies lunaires. Bombicci ne tient pas

compte de ces faits qui cependant ne peuvent pas être laissés complètement de côté.

J'admets d'ailleurs aussi que l'explosion de gaz et de vapeurs puisse donner lieu à de grands tremblements de terre, ayant tous les caractères des tremblements endogènes, mais cela uniquement dans le cas où, à la suite de ces explosions, des blocs énormes se détacheraient à l'intérieur de la croûte terrestre. Il est évident que le phénomène ne peut alors avoir lieu dans des cavités creusées dans les couches superficielles, comme le prof. Bombicci le pense, mais bien dans les couches les plus profondes, c'est-à-dire dans celles qui sont situées immédiatement au-dessus de la mer de lave, ou au-dessus des grandes cavités dans lesquelles doivent s'accumuler les vapeurs d'eau et les gaz qui produisent les éruptions volcaniques.

Dans tous les cas, on ne peut pas dire que le tremblement de terre est engendré par l'explosion, mais il est uniquement occasionné par celle-ci; les secousses ondulatoires résultent presque uniquement de la diminution subite du poids de la partie de la croûte terrestre qui est le siège du phénomène et non de l'explosion.

§ 5. Passons maintenant à une autre hypothèse plus récente, d'après laquelle on devrait chercher dans l'électricité l'explication des phénomènes que nous étudions. Je ne sais trop quelle valeur on doit attribuer à cette supposition. Jusqu'à présent elle n'a pas en sa faveur un seul fait qui soit prouvé d'une manière scientifique. Il est vrai que, dans beaucoup de tremblements de terre, on a observé un développement d'électricité; mais, comme je disais au chapitre Ier, il semble très naturel de le considérer comme l'effet et non comme la cause du phénomène.

Tout le monde sait que les aurores boréales sont la manifestation de courants électriques considérables, et qu'elles sont accompagnées de changements accentués dans l'équilibre du magnétisme terrestre. Cependant, on n'a jamais observé une coïncidence quelconque des aurores boréales avec les tremblements de terre. Les courants électriques terrestres, ne paraissent d'ailleurs pas capables de produire des actions dynamiques puissantes, comme il en faudrait pour ébranler la terre [1].

§ 6. On voit par cette revue, nécessairement incomplète, que les hypothèses qui ont été proposées sont des plus variées, ce qui s'explique par le fait que certains savants, ayant trouvé la cause de quelques cas particuliers, ont cru pouvoir généraliser leur explication en l'étendant à tous les autres cas. Par exemple le géologue Bischof a découvert une région de l'Amérique du Nord, dans laquelle de petits tremblements de terre continuels sont dus au métamorphisme des couches intérieures, qui fait soulever les couches supérieures et en les brisant les fait vibrer, et l'on a prétendu généraliser ce phénomène, comme si des couches semblables devaient exister partout et si les petites vibrations observées par Bischof pouvaient se comparer aux immenses secousses qui ébranlent parfois des continents entiers.

[1] Dans certaines localités on a ressenti, à plusieurs intervalles, des bruits sourds, sans qu'il y eut tremblement de terre. On a pensé, d'après l'analogie du son, que ces bruits étaient de véritables tonnerres produits par des décharges électriques dans les cavités souterraines. Même en admettant cette explication, on ne peut pas préciser si les décharges avaient lieu entre les parois de la cavité, les vapeurs et les gaz. Quoi qu'il en soit, le fait que la région n'a pas pour cela été ébranlée, prouve que les décharges électriques n'avaient pas une grande puissance.

§ 7. Les plutonistes trouvent la cause de tout phénomène sismique dans la chaleur intérieure du globe. Mais parmi eux aussi les opinions diffèrent. Les uns affirment qu'un tremblement de terre n'est autre chose qu'une tentative avortée de la lave interne, qui cherche une nouvelle issue, c'est-à-dire un nouveau cratère. D'autres, s'expliquent le phénomène par le fait que la croûte terrestre continue à se contracter. D'autres encore, qui n'admettent pas une masse intérieure en fusion, affirment qu'il doit y avoir à l'intérieur de la terre des températures localisées très élevées, résultant d'actions chimiques quelconques. Dans ce cas, les tremblements de terre sont dus à la rupture de la croûte terrestre, par suite de la dilatation que les forces chimiques produisent sur des masses énormes placées à une grande profondeur. Ces masses, *si licet parva comparare magnis*, agiraient, d'après ces savants, comme le levain dans le pain.

§ 8. L'homme a certainement assisté plusieurs fois à la formation de nouvelles montagnes volcaniques. Les auteurs anciens en parlent assez souvent. Et, sans même remonter si haut, l'histoire moderne enregistre la formation du Monte Nuovo dans la baie de Pozzuoli, en 1538, du Jorullo au Mexique, en 1759, et l'émersion de l'île Julia ou Ferdinandea, en 1831, dans la Méditerranée. La formation de ces montagnes volcaniques a été accompagnée d'éruptions considérables.

Simone Porzio, de Naples, Pietro Giacome, de Tolède, et Francesco del Nero donnent des relations détaillées sur le Monte Nuovo. Le géologue Hoffmann fut témoin oculaire de la formation de l'île Julia, sur laquelle il a publié des notices détaillées. Humboldt parle beaucoup du Jorullo dans son *Cosmos*.

Il résulte de toutes ces relations, que la formation de ces montagnes volcaniques a toujours été précédée par des tremblements de terre très fréquents et accompagnés de bruits souterrains, mais qui avaient peu d'intensité et une étendue relativement restreinte.

Pour ce qui est du Monte Nuovo, en 1538, la ville de Naples et ses environs n'ont été ébranlés que par des secousses, dont aucune n'était assez intense pour faire écrouler des maisons. Les tremblements qui ont précédé l'émersion de l'île Julia étaient de même peu violents et leur périmètre restreint, car en Sicile on n'a constaté des secousses que sur quelques points de la côte, les plus voisins du centre du phénomène.

A Palerme, par exemple, on a ressenti quelques-unes des secousses les plus intenses, et elles étaient déjà presque insensibles. La Plagas de Jorullo, sur laquelle s'éleva ensuite le célèbre volcan, fut abandonnée par ses habitants seulement quelques heures avant l'éruption, quoique le tremblement de terre s'y fit sentir pendant plus de trois mois.

Or, si la formation de ces grands volcans n'ébranla que des zones très restreintes, comparées à celles envahies par les tremblements de terre habituels, des tentatives avortées ne pourraient évidemment produire que des effets bien moindres encore.

D'autre part, les grands tremblements de terre sont, il est vrai, précédés et suivis de quelques petits tremblements, mais généralement il s'écoule des années et même des siècles avant qu'ils se renouvellent dans la même localité, tandis que la formation d'un volcan nouveau est précédée par des tremblements de terre continuels habituellement verticaux et se suivant pendant quelques mois

à intervalles rapprochés et avec des intensités à peu près égales.

La différence, on le voit, est essentielle, et confirme de plus en plus l'exactitude des deux grandes divisions des tremblements de terre en tremblements endogènes et volcaniques.

§ 9. Les deux dernières hypothèses, quoique ayant leur base sur des principes différents, s'accordent cependant à envisager le tremblement de terre comme un résultat de la rupture de la croûte terrestre, à la suite de soulèvements ou de dépressions locales.

Il en résulterait que les pays où se produisent des abaissements ou des soulèvements du sol devraient être plus que les autres ravagés par le fléau. Cependant ce fait ne se vérifie pas.

L'Écosse et la partie boréale de la Scandinavie se soulèvent lentement, mais continuellement; par contre la Hollande et le Danemark s'abaissent petit à petit. Eh bien, toutes ces régions sont des moins visitées par les tremblements de terre. — Le Chili seul, parmi tous les pays, fait exception à la règle. Il faut cependant noter que la fréquence des tremblements de terre y est, au moins en partie, le résultat de causes volcaniques. Les soulèvements brusques que l'on a observés dans ce pays n'ont pas précédé les secousses, mais les ont accompagnées. Or, tout porte à établir (et je tâcherai de le démontrer par la suite) que l'on doit dès lors considérer le soulèvement comme la conséquence et non comme la cause du tremblement de terre.

Je ne veux pas toutefois exclure la possibilité que les soulèvements et les abaissements du sol ne puissent engendrer dans la croûte terrestre des fractures qui pro-

duisent des secousses. Mais ces secousses ne peuvent pas être aussi fortes que celles des grands tremblements de terre, car, dans ce cas, il n'y a pas *déplacement du centre de gravité de la région.* L'oscillation est due seulement à l'élasticité des roches rompues; par conséquent elle s'étendra uniquement sur une bande étroite, tout le long des lèvres de la fracture, et elle aura de plus des caractères spéciaux bien marqués.

Les lèvres de la fracture oscilleront en sens opposé, s'éloignant d'abord pour se rapprocher ensuite, jusqu'à ce que la vibration soit éteinte. Comme la secousse la plus forte est nécessairement la première, dans les pays situés tout le long de la ligne d'oscillation, les constructions se trouveraient, après le phénomène, renversées dans des directions opposées, suivant qu'elles seraient placées en deçà ou en delà de la fissure. Nous aurions, par exemple, une moitié d'une ville renversée d'un côté et la seconde moitié renversée de l'autre côté. Or, à ma connaissance, on n'a observé ce fait dans aucun des grands tremblements de terre. On peut en conclure que, si les soulèvements produisent des fissures, celles-ci doivent être étroites et ne produire que des oscillations peu sensibles. On sait d'ailleurs que des roches très compactes peuvent être sillonnées de fissures très petites, engendrées par le plissement qu'elles ont dû subir. Le géologue G. W. Gümbel[1] a découvert dans le calcaire de Lugano des couches plissées dont le rayon de courbure variait de 15 à 30 centimètres, divisées par plusieurs fissures microscopiques, disposées suivant le même rayon. Ces fis-

[1] Voir le bulletin du *R° Comitato Geologico italiano*, 1880, n°s 11 et 12, qui donne en résumé le résultat de ces études.

sures se sont remplies ensuite par les infiltrations calcaires; elles paraissent être le résultat d'une action lente et régulière, car l'expérience nous apprend qu'un cube de marbre soumis à une pression graduelle et également distribuée, se partage en plusieurs lames à surfaces parallèles. Si, par contre, on le frappe d'un coup sec, il se rompt en un petit nombre de fragments irréguliers.

Il n'est qu'un seul cas où les forces latentes qui tendent continuellement à rider la croûte terrestre, pourraient engendrer un grand tremblement de terre, et même dans ce cas unique la contraction de la croûte terrestre se bornerait simplement à préparer le phénomène qui, suivant moi, a une cause tout autre. Mais j'en parlerai plus complètement en exposant mon hypothèse.

Je terminerai ici cette longue revue des hypothèses qui ont été proposées; je prie le lecteur de me pardonner, si, désireux d'être clair et de rendre mes idées intelligibles, même aux personnes peu versées dans les sciences géologiques, je n'ai pas pu éviter des développements qui ont pu paraître un peu longs.

(A suivre.)

LA NOMENCLATURE DES FOSSILES

D'APRÈS LES

NOUVELLES REMARQUES SUR LA NOMENCLATURE BOTANIQUE

PAR

M. Alph. DE CANDOLLE[1]

Le Congrès international de géologie qui siégeait à Paris en 1878 avait nommé une commission, composée de savants très distingués[2], dans le but de soumettre au Congrès de Bologne, en 1881, des propositions sur la meilleure nomenclature des espèces fossiles.

Cette commission s'est réunie plusieurs fois et a consulté quelques paléontologistes de divers pays. Elle avait sous les yeux les règles de la nomenclature proposées en 1842 par l'Association britannique, modifiées légèrement par elle en 1865, notre recueil des lois de la nomenclature botanique recommandées par le Congrès interna-

[1] *Nouvelles remarques*, etc., *Supplément au Commentaire* du même auteur qui accompagnait le texte des lois de la nomenclature recommandées par le Congrès international de 1867. In-8°, 79 pages. Genève, 1883, chez Georg, libraire.

[2] MM. Cotteau, Douvillé, Gaudry, Gosselet, Pomel, de Saporta, auxquels deux minéralogistes, MM. Descloizeaux et Jannetaz, étaient adjoints.

tional de 1867[1] et celui de M. Dall[2], qui en diffère très peu, auquel ont coopéré de nombreux savants américains, et qui est destiné surtout aux zoologistes. Après examen, la commission, dans un excellent rapport de M. Douvillé, s'est contentée de proposer onze articles, applicables aux fossiles des deux règnes. Elle insiste sur ce que : « La loi de priorité étant le vrai fondement de la nomenclature, il paraît nécessaire de lui donner toute la généralité possible et pour cela de supprimer les exceptions et dérogations à cette loi..... Toujours préoccupée de la fixité à donner à la nomenclature, la commission, dit-elle encore, a pensé qu'une contradiction existant entre la signification du nom et les caractères d'un genre ou d'une espèce n'était pas un motif suffisant pour autoriser le changement de ce nom.» Le raisonnement et l'expérience m'ont amené à penser à peu près de même.

Le vœu exprimé par les géologues d'avoir un code spécial pour la nomenclature des fossiles avait alarmé simultanément les botanistes et les zoologistes, pour lesquels les plantes et les animaux fossiles font partie des deux règnes. Ils ne voyaient pas d'avantage et craignaient des inconvénients à l'introduction de règles particulières pour la description d'êtres qui sont seulement antérieurs à ceux de l'époque actuelle. La Société botanique de France fit une démarche officielle pour engager le Con-

[1] *Actes du Congrès international de botanique de 1867*, *à Paris*. Ces lois sont réimprimées en tête de mon *Commentaire*, 2me édition, chez Georg, à Genève, et dans les traductions du même opuscule en anglais et en allemand. On les trouve aussi dans mes *Nouvelles remarques*, avec l'addition de quelques modifications proposées.

[2] Dall, *Nomenclature in zoology and botany*. In-8°. Salem, 1877.

grès géologique de Bologne à ne pas s'en occuper [1], le recueil des lois recommandé par le Congrès botanique de 1867 étant jugé suffisant par les botanistes. La Société botanique de Belgique fit de même [2]. J'adressai une lettre dans le même sens [3] et la société zoologique de France [4] fit paraître, dans le même but, une publication destinée à servir pour la nomenclature des êtres organisés en général.

Le rapport soumis au Congrès géologique de Bologne n'a pas été l'objet d'une discussion aussi approfondie que celle du Congrès botanique de 1867. Le rapporteur et tous les membres de la commission étaient absents. En outre, l'assemblée venait de consacrer de longues séances à l'examen d'autres questions qui l'intéressaient davantage. Cependant elle a ajouté au projet deux articles, dont je parlerai plus loin, l'un d'eux étant aussi curieux que nouveau.

La question était arrivée à ce point lorsque j'ai dû la reprendre récemment, à l'occasion de mes *Nouvelles remarques sur la nomenclature botanique.*

Il m'a paru convenable de proposer l'addition d'un article, ainsi conçu :

« 7 *bis.* Les règles de la nomenclature botanique s'appliquent à toutes les classes du règne végétal et *aux plantes fossiles* comme à celles actuellement vivantes. »

[1] *Bulletin de la Société botanique de France*, 1881, p. 9. *Compte rendu de la session du Congrès géologique de Bologne*, p. 178.

[2] *Compte rendu*, etc., *de Bologne*, p. 162.

[3] *Ibid.*, p. 181.

[4] *Règles applicables à la nomenclature des êtres organisés proposées par la Société zoologique*, précédées d'un *Rapport* par M. Chaper. In-8°, 37 pages, Paris, 1881.

Voici mes motifs :

D'abord, en fait, les fossiles végétaux sont décrits par des botanistes et les fossiles animaux par des zoologistes. Il est donc aisé, pour ces savants, de suivre les modes de nomenclature admis dans la branche dont chacun s'occupe, modes qui d'ailleurs diffèrent bien peu, comme le remarque M. Douvillé. En outre, il y a une raison d'ordre supérieur pour ne pas faire de la paléontologie une science à part, ayant ses lois et ses usages en fait de nomenclature. Plus on avance, plus les fossiles d'un règne se mêlent dans les classifications avec les espèces actuellement vivantes. L'histoire des êtres continue. Elle forme pour chaque règne un ensemble. Sans doute les fossiles conduisent à certaines conséquences en géologie. Ils ont été comparés assez justement à ce que sont les médailles enfouies dans des terrains. Mais si les antiquaires peuvent tirer de la présence d'une médaille des preuves de l'ancienneté d'un monument ou d'une couche du sol, ils laissent aux numismates le soin d'étudier et de nommer les médailles considérées en elles-mêmes.

On pouvait croire, d'après le vœu du premier Congrès géologique, suivi du rapport au Congrès de Bologne, que les dispositions proposées en paléontologie pour la nomenclature seraient très différentes de celles usitées par les naturalistes. J'ai vu cependant, avec un sentiment agréable de surprise, que les règles proposées par la commission et adoptées par le Congrès s'accordent presque toujours avec les nôtres, de telle sorte que notre recueil et celui de M. Dall pouvaient suffire aux besoins des paléontologistes, selon la commission. Il est vrai qu'en l'absence de M. Douvillé et de ses collègues, le

Congrès a ajouté deux articles plus ou moins spéciaux à la paléontologie ; mais on peut les introduire, s'ils le méritent, dans notre recueil des lois recommandées aux botanistes, et dans celui de M. Dall, destiné surtout aux zoologistes. On aurait ainsi deux codes, au lieu de trois, pour l'ensemble des naturalistes, et dans un avenir prochain il serait aisé de les fondre en un seul.

Une des dispositions introduites à Bologne, par le Congrès de géologie, est celle-ci [1] :

« L'espèce peut présenter un certain nombre de modifications reliées entre elles dans le temps et dans l'espace, et désignées sous le nom de MUTATION ou de VARIÉTÉ ; les modifications dont l'origine est douteuse sont simplement appelées FORMES. »

Il est très intéressant de voir que des paléontologistes pratiques sont arrivés, uniquement par l'observation des faits, à constater des variations successives de formes, qu'ils appellent des mutations. L'idée de les distinguer des formes contemporaines me paraît bonne. Je ne veux pas m'arrêter ici aux questions difficiles que fait naître l'idée, juste selon moi, que l'espèce est une association de formes les unes successives, les autres contemporaines. Le moment auquel une mutation devient une espèce et celui où une mutation ultérieure devient une autre espèce, fait comprendre, par les difficultés qui se présentent, l'inconvénient de définir les groupes par une filiation plutôt que par les seuls caractères visibles. La classification, et surtout la nomenclature, étant des procédés nécessaires, destinés à l'usage, on est forcé de préciser ce qui manque de précision dans la nature. J'admets donc et je simplifie

[1] *Compte rendu*, page 168.

l'idée du Congrès de Bologne, en proposant de mettre, après notre article 10, celui-ci :

« Article 10 *bis. Lorsqu'il s'agit de plantes fossiles, les formes qui se sont succédé et qu'on estime pouvoir être rapportées à une même espèce sont appelées des mutations.* »

Le Congrès désire qu'on les nomme, dans chaque cas particulier à la manière des variétés, en ajoutant une épithète au nom d'espèce. L'indication, qu'il s'agit d'une mutation ou d'une variété, peut se faire au moyen d'une abréviation telle que (*Mut.*) ou (*Var.*). On pourrait aussi noter les mutations par un signe ou une lettre ordinaire, *a*, *b*, en conservant les lettres grecques, α, β, pour les variétés, selon l'usage établi.

Une autre disposition introduite dans la séance du Congrès de Bologne est celle-ci [1] :

« *A l'avenir, pour les noms spécifiques, la priorité ne sera irrévocablement acquise que lorsque l'espèce aura été non seulement décrite, mais figurée.* »

S'il est vraiment impossible de comprendre une espèce fossile sans une figure, nous devons nous incliner, et admettre cette disposition, bien rigoureuse en apparence. J'ai désiré connaître sur ce point l'opinion de M. Heer, dont personne ne contestera l'autorité en matière de végétaux fossiles. Il a bien voulu me répondre que les objets à décrire en paléontologie étant incomplets et leurs caractères extrêmement minutieux, les figures sont très nécessaires. Il approuve donc la tendance de l'article. Mais il ajoute : « Cependant, lorsque l'espèce a été décrite avec soin et d'une manière reconnaissable, il faudrait

[1] *Compte rendu*, page 177.

admettre pour son nom le droit de priorité. » Ainsi, M. Heer trouve, comme moi, l'article proposé trop absolu. J'ajouterai que, pour être sévère et en même temps juste, il faudrait tenir les mauvaises planches pour nulles, car il y a telle description de fossile qui se comprend mieux qu'une figure mal faite.

Au fond, notre article 46 répond assez aux desiderata des paléontologistes. Il dit qu'une espèce publiée sans renseignement sur les caractères n'est pas considérée comme publiée. C'est à chacun et à tout le monde d'apprécier ce qui est un renseignement. Personne ne veut qu'on tienne compte de choses inintelligibles, mais l'appréciation de ce qui se comprend — description ou figure — varie selon l'intelligence de celui qui travaille et le degré d'obscurité ou de brièveté des textes et des planches. Les règles donnent des principes ou des directions, et leur application dans les cas particuliers dépend de circonstances variées.

L'introduction, de plus en plus fréquente aujourd'hui, des genres ou espèces fossiles parmi les autres, dans les ouvrages descriptifs, peut faire désirer l'emploi de quelque signe ou de quelque forme typographique de nature à les indiquer au premier coup d'œil. Une innovation de ce genre serait probablement suivie, si elle était faite judicieusement, dans un ouvrage important que les naturalistes auraient l'habitude de consulter.

LES FOURMIS AMÉRICAINES

(Suite et fin.)

II. *Les fourmis moissonneuses.*

(*Pogonomyrmex*, Mayr.)

Les fourmis de ce genre appartiennent à la tribu des Myrmicides. M. Mac Cook en a observé deux espèces, le *P. occidentalis* des États-Unis et le *P. barbatus* du Texas dont nous parlerons successivement.

La fourmi occidentale.

(*P. occidentalis*, Cresson.)

Celle-ci se rencontre sur les plateaux de la partie sud des États-Unis, du Nouveau Mexique et de l'Utah, et jusqu'au Colorado.

Tandis que la fourmi mellifère élève ses tertres sur les crêtes, la fourmi occidentale l'établit toujours sur un sol plat et le plus souvent dans la prairie. Ses constructions se présentent sous la forme de petits monticules ovales, d'un mètre environ de longueur, de 50 centim. de largeur et de 20 à 30 centim. de hauteur. Les matériaux qui servent à les élever sont tirés de la profondeur du sol, et leur surface est recouverte d'une couche de petits

cailloux ayant de un à deux pouces d'épaisseur. L'entrée du tertre est placée latéralement, en général tournée au sud, et s'ouvre au tiers de la hauteur du monticule. Le terrain dans le voisinage des tertres est toujours parfaitement nettoyé d'herbe et soigneusement lissé dans un rayon d'un mètre de diamètre; chaque fourmilière se trouve ainsi entourée d'une ceinture nue qui lui sert de zone de protection, qui empêche la végétation et particulièrement les racines des plantes d'envahir les canaux souterrains de la demeure, et qui sert aussi à faciliter la circulation aux alentours des tertres. On ignore du reste si cette zone nue est simplement le résultat du travail de minage du sol exécuté par les fourmis, ou si ces insectes coupent les herbes et les détruisent systématiquement, dans le but de faciliter les abords de leurs demeures; c'est bien là ce qui paraît le plus probable, car la végétation se trouve souvent détruite jusqu'à une grande distance des tertres : M. Russell Hill a observé dans le Kansas une fourmilière dont le cercle extérieur de la ceinture nue avait un diamètre de 14 pieds, et le Dr Leidy en cite une de 18 pieds.

La congénère de la fourmi occidentale, le *P. barbatus* du Texas a également l'habitude d'entourer ses tertres d'une ceinture dénudée de végétation, et même d'établir à partir de ce rond-point des routes rayonnantes qui pénètrent dans la prairie. Le *P. occidentalis* se borne à détruire la végétation autour de sa maison; bien qu'allant fourrager au loin, il n'établit pas de routes. Cela tient, suivant l'auteur, à ce que les prairies des États-Unis sont surtout couvertes de l'herbe dite *gramma grass*, qui pousse par touffes, laissant entre ces touffes des intervalles ouverts à la circulation, d'où résulte que les routes sont moins nécessaires.

Le revêtement de la surface des tertres est établi avec beaucoup de soin; les petits cailloux dont il se compose sont juxtaposés et arrangés de manière à former un véritable pavé. Les fourmis tirent ces matériaux de la profondeur, en creusant leurs galeries. Elles déploient dans le transport de ces graviers une énergie extraordinaire : on les voit arriver chargées de pierres qui équivalent au décuple de leur propre poids, et elles les arrangent ensuite avec un art extraordinaire, les juxtaposant et les engrènant les unes dans les autres avec autant d'habileté que les maçons mettent à ajuster des moellons.

Ces matériaux varient suivant la nature du sol : ici ce sont des débris de grès, là des fragments de pierre calcaire ou même des parcelles d'anthracite lorsqu'il s'en rencontre dans le terrain. Dans le Nebraska, l'auteur a vu des toits composés de fragments d'ossements fossiles. La surface des tertres étale souvent à la vue toute une collection minéralogique; on y peut faire d'utiles trouvailles [1], et elle fournit des indications précises sur la nature géologique du sol. Enfin, dans les régions où le terrain est dénué de graviers, les monticules sont tout entiers composés de terre et manquent de revêtement extérieur, les matériaux pour les établir faisant défaut. Les fourmis savent donc varier leurs procédés en se pliant aux circonstances, mais toutes les fois qu'elles peuvent le faire, elles établissent un toit en pavé, et ce toit n'est point le simple résultat accidentel du rejet des matériaux les plus grossiers à la surface du tertre, mais bien une véritable con-

[1] J'ai observé au Mexique que sur les tertres du *P. barbatus*, on trouve souvent des grains de quarz cristallisés en rhomboèdres, provenant de la décomposition des trachytes quarzifères.

struction faite avec intention et où chaque élément se trouve ajusté et intercalé de façon à concourir à la formation d'une mosaïque.

L'auteur induit de cette observation que la forme conique des tertres doit être semblablement le résultat d'une intention des fourmis, lesquelles chercheraient à réaliser la forme la plus favorable pour l'écoulement des eaux de pluie, mais nous supposons que la loi de gravité entre pour beaucoup dans cette forme, et qu'elle a pu se développer tout naturellement sous l'influence du fait que les amas de terre prennent volontiers la pente de la *terre coulante.*

Les *fourmis occidentales* sont des insectes diurnes, à l'inverse de tant d'autres espèces, et c'est exclusivement pendant la journée qu'on les trouve à l'œuvre. L'entrée simple ou double du monticule reste ouverte même au gros du jour ; les fourmis ne la débarrassent que fort tard dans la matinée, soit entre 8 et 9 heures, mais il est probable qu'elles vaquent aux soins intérieurs de la maison longtemps avant d'en ouvrir la porte. Celle-ci se referme déjà à l'approche de la soirée, aussitôt que tous les membres de la colonie ont regagné le logis; il est facile alors d'observer avec quel soin les insectes en dissimulent la position. Les quelques ouvrières qui sont chargées d'en occlure l'orifice travaillent à l'intérieur en repoussant des matériaux vers l'issue du corridor. Elles élèvent d'abord une véritable barricade au moyen de tronçons de graminées qu'elles placent en travers pour servir d'étai à la maçonnerie; à l'extérieur de cette fermeture, elles établissent un pavé en mosaïque exactement clos; enfin l'ouverture resserrée à outrance ne donne plus qu'avec peine entrée aux quelques fourmis vagabondes qui se sont attar-

dées dans la campagne. Une fourmi travaillant à l'intérieur et une autre à l'extérieur achèvent de tout fermer; la dernière se glisse au travers des matériaux en attirant à elle la pierre qui servira de bouchon. Le nid est alors entièrement clos et son entrée se trouve dissimulée sous une maçonnerie qui ne diffère en rien du pavé qui tapisse toute la surface du monticule. Les fourmis retardataires qui ont eu le malheur de s'égarer en route, trouvent la porte fermée, et à moins de passer la nuit à la belle étoile, elles sont obligées d'en rouvrir l'orifice en enlevant un caillou qu'elles auront soin de replacer exactement.

L'entrée de la fourmilière se ferme aussi pendant la journée lorsqu'il survient un orage, et cela sans doute dans la crainte du danger que pourraient causer les inondations; la fermeture est alors renforcée au moyen d'un pisé formé de terre agglutinée.

L'intérieur de la fourmilière est un labyrinthe composé d'une multitude de canaux tortueux d'un demi-pouce de largeur, qui s'élargissent irrégulièrement pour former des chambres plus ou moins spacieuses, ayant au plus un pouce de hauteur. On n'en trouve guère dans le tertre; celui-ci est en général plein et doit être considéré comme un simple remblai, résultat de l'accumulation de la terre extraite des galeries. La demeure proprement dite commence au-dessous du tertre et se trouve tout entière sculptée dans le sol vierge. On rencontre les chambres à des hauteurs variables et jusqu'à 8 pieds de profondeur, séparées qu'elles sont par des épaisseurs de terre considérables. C'est ce qu'il est facile d'observer en pratiquant dans le terrain des coupes verticales.

Une grande activité règne sans cesse dans ces appartements souterrains. Toutes les fois qu'on les ouvre, on y

trouve une armée de fourmis circulant en tous sens; dans le nombre il s'en rencontre qui transportent des débris de feuilles ou des brins d'herbe, dont l'usage est peut-être seulement d'un ordre architectural : les tronçons de tiges de graminées tiennent lieu de poutres pour réparer les brèches ; d'autres débris végétaux servent peut-être à la fabrication du mortier.

Les chambres n'ont pas toutes la même destination. Les unes servent de salles pour l'éducation des larves; d'autres, en plus grand nombre, tiennent lieu de greniers. On y trouve en effet, amassées en quantités considérables, de petites graines jaunes et noires, qui ne sont autres que les provisions de bouche destinées à assurer la subsistance de la communauté. Les *Pogonomyrmex* sont, en effet, des fourmis granivores. Elles dévorent les amandes des graines après les avoir séparées de leurs coques ; les débris de ces coques se rencontrent en grande quantité dans les chambres intérieures et l'on voit souvent des ouvrières occupées à en débarrasser le nid en les transportant au dehors vers certains dépôts, où viennent s'entasser les résidus de cuisine de la fourmilière. Les mœurs de ces fourmis offrent donc la plus grande analogie avec celles de l'*Alphaenogaster barbara*, L., du midi de l'Europe, si bien observées par Lespès et surtout par Moggridge [1].

Il n'est pas sans quelque piquant de faire remarquer à ce propos que La Fontaine, en rimant sa fable de *la Cigale et de la Fourmi,* a fait de la prose sans le savoir, lorsque, suivant en cela l'opinion vulgaire, il prêtait à la fourmi un

[1] Voyez dans les *Archives*, 1874, tome L, p. 49, une analyse des recherches de Moggridge, par M. G. Rochette.

régime végétarien et des habitudes de prévoyance qui ne sont point le fait de nos fourmis des climats froids. Cette supposition qui, appliquée aux fourmis en général, n'était qu'une erreur, s'était sans doute répandue dans le monde littéraire par la lecture des anciens, tels que Salomon et Virgile, lesquels, écrivant dans le midi, avaient évidemment en vue les *Aphaenogaster* fourrageurs, et surtout Élien qui décrit les moissons de ces fourmis [1].

M. Mac Cook ne nous dit pas si le plancher des chambres servant de greniers est soigneusement semé de sable sec ou garni de petits cailloux afin de tenir les graines à l'abri de l'humidité, comme on l'observe dans les chambres des demeures de l'espèce européenne, ni quelles précautions les fourmis prennent pour empêcher les graines de germer. Les *Aphaenogaster* ont l'habitude de les transporter de temps en temps en dehors de la fourmilière pour les faire sécher au soleil et, à force de soins, elles en assurent la conservation jusqu'au retour de la belle saison. Quant à la manière dont les fourmis usent de ces provisions, elles semblent particulièrement aimer à manger les graines au moment de la germination, moment où la matière amylacée que celles-ci renferment se convertit en sucre.

C'est un fait digne de remarque que dans les fourmilières des *Pogonomyrmex* américaines, certaines chambres se trouvent remplies, non de graines, mais de petits

[1] Les fourmis moissonneuses sont répandues dans tout le midi de l'Europe et en Orient. Elles s'étendent toutefois jusqu'au nord des Alpes. M. Aug. Forel a rencontré dans la Suisse méridionale le *Lasius bruneus* qui collecte les graines de la violette, et sur le Salève près Genève, l'*Aphaenogaster structor;* mais il ne paraît pas que ce dernier récolte des graines dans cet endroit.

cailloux, tout analogues à ceux qui forment le revêtement extérieur des tertres. M. Mac Cook suppose, probablement avec raison, que ce sont là des dépôts de pavés formés pendant le travail d'avancement des galeries, et que ces pavés, dont les fourmis n'ont pas besoin au moment même, sont ainsi mis en réserve pour servir aux réparations du toit s'il venait à être détérioré par quelque accident, tel qu'un orage ou une inondation, de même que dans les fermes on met en réserve des tuiles afin d'être en mesure de réparer les toits pour le cas où il viendrait à s'y produire des gouttières.

La récolte du grain et le remplissage des greniers est naturellement l'une des principales occupations des fourmis, celle qui les absorbe surtout pendant la saison que pour elles on peut appeler celle de la moisson. A cette époque de l'année on rencontre de nombreuses escouades d'ouvrières circulant entre les herbes de la prairie, à la recherche des plantes arrivées à maturité. Lorsque les fourrageurs ont découvert un champ d'exploitation rémunérateur, on les voit grimper aux tiges de certaines plantes appartenant à la famille des Composées et s'attaquer aux fleurs déjà flétries. Elles en arrachent les pétales, à la base desquelles les graines restent adhérentes, puis au moyen de leurs pattes et de leurs mandibules elles en séparent la graine et repartent aussitôt pour l'emporter à la fourmilière. Quoique chargées de butin, elles cheminent avec une rapidité extraordinaire, parcourant environ 30 pieds en 2 minutes (ce qui ferait pour une heure 21,000 fois la longueur de l'individu)[1].

L'étude des graines emmagasinées a montré qu'elles

[1] Un homme cheminant de ce train ferait 21 milles à l'heure.

provenaient des trois plantes suivantes : *Helianthus lenticularis* (tournesol sauvage), *Amaranthus albus* et *Chenopodium hybridum*. Or ces deux derniers végétaux passent pour être d'introduction récente dans le Colorado où M. Mac Cook a fait ses observations. Donc, pour que la fourmi occidentale se soit mise à en récolter régulièrement la graine, il faut que ses goûts aient changé depuis peu. M. Meehan fait remarquer à ce sujet que la grande ressemblance des graines de ces deux plantes a probablement conduit les fourmis à adopter l'autre après s'être accommodées de l'une. M. Mac Cook a encore vu ses fourmis récolter la graine de l'herbe des prairies (*gramma grass*), mais il n'a jamais rencontré cette graine-là dans les magasins. On peut du reste supposer que les fourmis attaqueront à peu près toutes les graines qui renferment beaucoup de matière amylacée et qui se rencontrent en abondance, à en juger du moins par nos moissonneuses européennes qui récoltent même celles des plantes cultivées des jardins et qui dévorent sur place les graines trop grosses pour être transportées. Nous supposons que M. Mac Cook n'a observé ses fourmis que dans une saison donnée ou dans une même région, et qu'à un autre moment de l'année il les aurait vu faire leur cueillette sur d'autres plantes aussi que sur celles qui paraissaient seules leur servir d'objectif.

Les provisions de graines accumulées dans les fourmilières ne forment point la seule nourriture dont les fourmis occidentales fassent leur pitance. Le régime de ces insectes est au contraire des plus variés. M. Mac Cook suppose qu'ils absorbent, comme d'autres espèces, la liqueur sucrée des pucerons, mais il ne l'a jamais constaté et, à en juger par analogie, cette conjecture est fort in-

certaine, car les *Aphaenogaster* d'Europe ne semblent pas entretenir de rapports avec les aphidiens. En revanche, les *Pogonomyrmex* d'Amérique sont comme ces dernières éminemment carnivores. Elles capturent les insectes qu'elles rencontrent occasionnellement et les transportent au nid pour en faire leur pâture et les faire servir à l'alimentation de la jeune famille. Le prof. Leidy, en particulier, leur a vu transporter une multitude de *Coccus*, sans avoir pu réussir à découvrir l'endroit où elles trouvaient ces insectes, qu'elles paraissaient apporter de fort loin.

Quelques autres fourmis de l'Amérique septentrionale ont, comme les *Pogonomyrmex*, des habitudes fourrageuses, en particulier celles qui rentrent dans le genre *Pheidole;* les *Ph. megacephala* et *Ph. pennsylvanica*. M. Mac Cook a vu cette dernière récolter la graine de l'*Euphorbia maculata* et l'emmagasiner dans des chambres souterraines, comme le fait le *P. occidentalis*. Le *Pogonomyrmex crudelis* est une troisième espèce congénère de l'*occidentalis* qui offre, elle aussi, des instincts analogues. Il reste sans doute encore à faire plus d'une observation du même genre sur d'autres espèces américaines.

La fourmi occidentale est, en apparence au moins, comme la fourmi mellifère un insecte pacifique. Elle ne cherche point noise aux autres epèces; c'est ce que semblent prouver diverses observations.

D'abord, bien que de taille robuste et armée d'un redoutable aiguillon, bien que formant des sociétés nombreuses, elle permet à d'autres espèces de s'installer dans son voisinage et même de se mettre en travers de ses propres établissements. Il n'est pas rare, en effet, de trouver des fourmis différentes et même des Termites ayant

construit leurs nids dans la zone nue qui entoure les tertres, et jusque sur les tertres mêmes qu'élève l'*occidentale*, voir même des espèces qui ont l'habitude de faire des esclaves comme par exemple la *Formica sanguinea.*

M. Mac Cook a observé de ces dernières qui avaient creusé leur demeure dans l'épaisseur du tertre, tandis que d'autres espèces, établies tout à l'entour, entremêlaient leurs galeries souterraines avec celles des *P. occidentalis,* ou passaient par-dessous, mais il est vrai sans jamais y pénétrer. Les fourmilières parasitiques sont en effet toujours séparées de celles de la fourmi occidentale, c'est-à-dire que les galeries de l'une n'ont jamais aucune communication avec celles de l'autre. C'est du reste un fait connu que les fourmis de diverses espèces savent très bien se cotoyer de la sorte en entrecroisant leurs galeries sans jamais empiéter sur le domaine de leurs voisines, et ce genre de parasitisme pratiqué par des fourmis erratiques se présente presque sous la même forme dans les fourmilières des *Aphaenogaster* européennes et chez plusieurs autres espèces [1].

A vrai dire, nous ne saurions, pour notre part, voir une grande preuve des dispositions pacifiques des four-

[1] Rappelons, à ce propos, un fait bien plus frappant encore : le Dr Aug. Forel a observé que le *Solenopsis fugax*, Latr. d'Europe a l'habitude de pousser ses propres galeries *dans les cloisons* des fourmilières établies en terre par d'autres espèces, en particulier par les *Formica fusca*, *rufa* et *rufibarbis*. Les canaux qu'elle sculpte ainsi sont si fins que les fourmis, relativement beaucoup plus grandes dont elle entame les édifices, ne sauraient y pénétrer. Ces petits canaux se dilatent il est vrai pour former des chambres où se tiennent les femelles et les mâles qui sont de taille assez forte, mais les fourmis de la fourmilière principale n'y peuvent arriver, vu l'étroitesse des corridors qui conduisent à ces cases.

mis occidentales dans la tolérance qu'elles observent (aussi bien que d'autres fourmis) vis-à-vis de leurs erratiques. Il s'agit ici seulement d'un *modus vivendi* tacitement consenti entre des voisins qui, restant toujours séparés par des cloisons, ne se rencontrent jamais, et qui, à cette condition seule, veulent bien se tolérer à proximité l'un de l'autre, à telles enseignes que si un accident vient à entremêler les espèces des deux fourmilières, comme par exemple lorsqu'on pratique une section dans le terrain, la guerre éclate à l'instant même, et dans un cas pareil les fourmis occidentales savent souvent se servir fort bien de leurs moyens contre les intrus, et elles en viennent facilement à bout en les perçant de leurs aiguillons et en les décapitant au moyen de leurs fortes mandibules.

L'auteur fait remarquer en second lieu que la fourmi occidentale ne combat point les petites espèces qui la gênent dans ses travaux. En effet presque toutes les plate-formes qui entourent les tertres sont occupées par les fourmilières de très petites Myrmices appartenant au genre *Dorymyrmex,* vrais nains comparées aux Occidentales. Ces petites fourmis, d'un tempérament très batailleur et d'un caractère éminemment hargneux, ne manquent pas une occasion de tracasser leurs grosses voisines et sont pour elles un véritable fléau. Une Occidentale passe-t-elle trop près de l'entrée d'une demeure des liliputiennes, celles-ci se ruent sur elle, la saisissent par les pattes et par les antennes, se cramponnent à son corps, et la grosse fourmi ne réussit qu'avec peine à se débarrasser de cette vermine et à échapper aux morsures. Les *Dorymyrmex* ne craignent même pas d'attaquer leurs grosses voisines en combat singulier. De taille trop minime

pour les saisir corps à corps, elles s'accrochent à l'extrémité d'une de leurs pattes et y font rage. La grosse fourmi ainsi surprise par l'importun parasite, se dresse sur ses jambes, fait le gros dos, soulève son ennemi en étendant la patte et le secoue comme nous ferions d'un hanneton qui tomberait sur notre bras, mais en général avec beaucoup moins de succès.

Comme la prudence est la mère de la sûreté et que d'ailleurs tous les chemins conduisent à Rome, les fourmis occidentales se résignent bientôt à ne plus passer à proximité des hôtes importuns qui sont venus leur disputer une partie de leur terrain, et finissent par ne plus gagner leurs routes habituelles qu'en faisant un détour. Si elles se voient serrées de trop près par l'extension croissante des petites fourmilières, elles vont même jusqu'à retourner leur propre demeure en mettant l'entrée du tertre à l'opposé. Il ne leur en coûterait pas le quart de la peine que leur donne ce travail, à exterminer toute la légion des petites erratiques.

En troisième lieu, lorsqu'on ouvre une fourmilière et que le travail entame les galeries entrecroisées des deux espèces, on voit les *Dorymyrmex* se ruer sur les Occidentales, nonobstant le tumulte qu'occasionne le bouleversement des demeures de l'une et de l'autre espèce, et les grosses occidentales finissent toujours par céder le pas à leurs petites congénères, malgré la détresse résultant pour elles d'un pareil accident, qui expose au jour les larves, les œufs et les provisions, détresse qui semblerait devoir exclure toute patience et porter les occidentales à broyer tout ce fretin importun qui vient à la traverse du sauvetage.

Enfin l'auteur relate encore le fait suivant à titre

d'exemple de la longanimité de la fourmi occidentale. Une fourmilière avait été ouverte par tranches horizontales dans le but d'en mouler les chambres avec du plâtre. Dès le lendemain, les fourmis commençaient à l'édifier à nouveau, lorsque les chambres ouvertes furent envahies par une légion de maraudeurs appartenant à l'espèce de la fourmi fœtide[1], qui venaient dévorer la graisse restée adhérente à la terre après l'opération. Les *occidentales* ne songèrent point à troubler les intruses dans leur festin; elles continuèrent leur travail de reconstruction, et l'on put seulement observer quelques combats singuliers, résultant de ce que telle ou telle *foetide* venait avec trop de sans-gêne troubler le travail de telle ou telle *occidentale.* Mais ce n'étaient là que des incidents particuliers qui ne devenaient l'occasion d'aucune mêlée, car les autres Occidentales ne venaient point appuyer leurs camarades dans ces sortes de duels. L'auteur a même observé une Occidentale qui, passant la tête par l'ouverture d'une galerie verticale, contemplait platoniquement l'un de ces combats, sans avoir l'idée d'aller au secours de sa camarade, et semblait, en assistant à cette lutte, témoigner de la même indifférence dont les badauds des rues font preuve à l'occasion de quelque batterie, se gardant bien d'intervenir dans une querelle qui regarde la police seule et nullement les passants. Nous appellerons cela de l'indifférence plutôt que de la longanimité.

A en juger par les observations qui précèdent, on peut néanmoins considérer les fourmis occidentales comme ayant un naturel pacifique. Toutefois, si l'on réfléchit que la

[1] *Foetida*, Mac Cook, ainsi nommée parce qu'elle exhale une odeur particulière (Genre ?).

taille de ces fourmis leur donne le pas sur tous leurs ennemis, et que la nature les a pourvues d'un aiguillon dont la piqûre est à peine moins dangereuse que celle des petites guêpes, on a lieu de s'étonner du peu de parti qu'elles tirent de ces avantages, et l'on se demande si cette apparente longanimité ne doit pas s'appeler plutôt un défaut d'instinct ou d'intelligence. Elles semblent être un peu comme le bœuf, qui ignore sa force et le moyen de s'en servir.

Lorsqu'on considère dans leurs détails les instincts si variés des animaux, en particulier ceux qui président à la vie des insectes sociaux, en cherchant à s'en rendre compte d'après notre logique humaine, on se heurte à chaque pas aux contrastes les plus singuliers. D'une part on voit les fourmis savoir, dans certaines occasions, varier leurs procédés suivant les règles de bons raisonnements, qui dénotent chez elles un sens d'observation poussé très loin. D'autre part, lorsqu'elles se trouvent en présence de certaines difficultés en apparence très faciles à surmonter, elles apparaissent souvent comme des êtres ineptes, dépourvus de la plus simple perspicacité, et comme incapables de franchir le raisonnement le plus élémentaire.

Nous aurons l'occasion par la suite de revenir sur ces considérations qui intéressent à un haut point la question des origines de l'instinct.

H. de S.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

Dr Hirsch. Sur les mouvements du sol constatés a l'Observatoire de neuchatel. *(Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, XIII.)

M. le Dr Hirsch, directeur de l'Observatoire de Neuchâtel, a réuni dans cette notice les résultats fort intéressants d'une série de plus de 6000 observations faites depuis 1859 sur les mouvements des piliers de sa lunette méridienne. Ces mouvements sont de deux sortes. — En premier lieu, la lunette méridienne est affectée en azimut d'un mouvement oscillatoire assez régulier. Pendant les mois d'hiver, septembre-février, elle se meut de l'O. par le S. à l'E. de 38″,2 en moyenne et pendant les mois d'été mars-août, elle se meut en sens inverse (E. S. O.) à peu près de la même quantité moyenne, soit de 39″,8.

En second lieu, l'axe de la lunette s'incline continuellement à l'ouest, d'une quantité variable chaque année, mais toujours dans ce même sens et en moyenne de 23″,9 par année. Dans le courant des 23 années d'observation, ce mouvement en inclinaison s'est accumulé à la somme de 9′ 9″,7 correspondant à $2^{mm},93$, dont le pilier ouest s'est abaissé, ce qui a forcé M. Hirsch à surélever de quelques millimètres la plaque de fond du coussinet occidental.

Ces mouvements ne peuvent provenir que du sol lui-même de la colline du Mail sur laquelle est construit l'Observatoire et ne peuvent s'expliquer ni par la mauvaise construction des piliers de la lunette, ni par des différences de température des deux côtés de la salle méridienne. Du reste la mire méri-

dienne placée à 100^m de distance sur la colline du Mail ne donne pas pour le mouvement en azimut les mêmes valeurs que les observations célestes et la mire lointaine de Portalban placée de l'autre côté du lac. — Le mouvement du sol s'étend donc à la mire rapprochée, laquelle tourne dans le même sens que la lunette, quoique dans une mesure légèrement différente.

Quelles sont les causes de ces phénomènes?

M. Hirsch essaie de rendre compte du mouvement en azimut « en supposant que la colline du Mail, qui est du côté sud plantée en vignes et du côté nord couverte de forêts, s'échauffe et se refroidit inégalement sur les deux pentes sous l'action du rayonnement, et comme son axe de figure, qui s'étend du N.-E. au S.-O. ne coïncide pas avec l'axe thermique de l'insolation, il doit en résulter une espèce de torsion de la colline suivant les saisons, qui se traduirait précisément par le balancement semestriel observé. »

Pour appuyer cette explication, M. Hirsch a cherché une relation entre la marche annuelle des mouvements du sol en azimut et celle de la température. Pour cela il a relevé les températures semestrielles moyennes d'après les observations faites à Neuchâtel et a comparé la courbe de ces températures à celle du mouvement azimutal. Le parallélisme n'est point parfait et ne pouvait pas l'être, puisque ce sont les températures de l'air et non celles du sol qui ont été employées, mais il y a cependant de l'analogie entre les deux courbes et l'hypothèse de M. Hirsch nous semble assez vraisemblable.

Pour le mouvement continu en inclinaison, M. Hirsch constate seulement que des modifications d'inclinaison de couches géologiques ne sont point un fait isolé et nous croyons en effet, comme lui, que l'on peut rapprocher les mouvements de la colline du Mail des mouvements séculaires d'élévation et d'abaissement des côtes et des phénomènes analogues observés à Munich, Berlin et Sécheron[1].

M. Hirsch s'attache spécialement à chercher la loi des

[1] Voyez *Archives* 1882, t. VIII, p. 551 et 559.

variations annuelles du mouvement en inclinaison. A cet effet il a comparé la courbe de ces variations à celle des températures annuelles et à celle qui représente les quantités de pluie tombées chaque année, mais il n'a trouvé aucune analogie entre elles. En revanche, il relève dans la courbe des variations de l'inclinaison quelques coïncidences avec celle de la fréquence des taches du soleil et sa période de onze années. Cette relation nous semble un peu problématique, car une durée de 23 années d'observation est bien courte pour qu'on puisse en induire une période de 11 ans, et de plus la courbe dessinée par M. Hirsch présenterait plutôt deux maxima principaux distants de 15 ans environ, et un minimum placé à peu près au milieu, ce qui ne rappelle point la marche de la courbe des taches solaires. Au reste, nous sommes assez de l'avis de M. Faye lorsqu'il dit (*C. R.*, t. XCVI, N° 25) que « ce qu'il faut expliquer ici c'est le fait capital de l'inclinaison constamment progressive pendant un quart de siècle et non les petites inégalités de leurs variations annuelles. » Quant à la cause générale du phénomène, l'opinion de M. Faye est que les mouvements observés par M. Hirsch peuvent s'expliquer géologiquement par le glissement des couches jurassiques les unes sur les autres. Par le fait de leur bombement, ces couches produiraient en glissant une dénivellation qui pourrait bien atteindre 9′ en 23 ans, et, d'autre part, cette supposition du glissement de la couche superficielle sur une plus profonde, s'allie très bien à l'explication donnée par M. Hirsch du balancement en azimut, par l'action de la température aux différentes saisons.

Quelle que soit d'ailleurs la cause qui les produit, ces mouvements du sol constatés par le savant directeur de l'observatoire de Neuchâtel, présentent certainement le plus vif intérêt. Ils en présenteront toujours davantage, à mesure que la période d'observation s'allongera, surtout si M. Hirsch réalise son projet de construire une mire nocturne sur Chaumont, afin de voir si l'oscillation semestrielle embrasse jusqu'à la première chaîne principale du Jura. Il serait fort désirable en outre de faire les installations nécessaires pour vérifier si le mouvement continu en inclinaison, qui nous semble encore

plus intéressant, s'étend, lui aussi, au delà de la colline du Mail.

Terminons, comme M. Hirsch, par la remarque qu'il est curieux et intéressant de voir les observations astronomiques servir à mesurer des mouvements presque imperceptibles du sol, qui sans cela risqueraient fort d'échapper à notre connaissance. R. G.

CHIMIE

F. P. Treadwell et B. Westenberger. Nitrosokétones. (*Berichte*, XV, p. 2786. Zurich.)

En voulant préparer de la nitrosoacétone par l'éther acétacétique en solution alcaline et le nitrite de soude, puis en ajoutant de l'acide sulfurique, les auteurs laissèrent par mégarde le mélange reposer une semaine entière et obtinrent au lieu de nitrosoacétone de l'acide acétoximique ; en recherchant les causes de ce résultat inattendu, ils remarquèrent que la nitrosoacétone en contact avec des acides forts se décompose en donnant naissance à de l'hydroxylamine qui réagit sur une autre molécule de nitrosoacétone pour donner l'acide acétoximique $C_3H_5O_2N + NH_3O = H_2O + C_3H_6O_2N_2$.

La nitrosoisobutylkétone s'obtient par l'éther isobutylacétacétique dissous dans la potasse auquel on ajoute du nitrite de soude, puis de l'acide; après purification, cette kétone forme de petites feuilles fusibles à 42° solubles dans les alcalis avec une couleur jaune intense, elle a pour formule $CH_3. CO. CHNO. CH_2. CH(CH_3)_2$.

E. Schulze. Précipitation de l'asparagine de ses dissolutions. (*Berichte*, XV, p. 2855. Zurich.)

On peut précipiter l'asparagine de ses dissolutions au moyen du nitrate d'oxyde de mercure ; en décomposant le précipité blanc par l'hydrogène sulfuré on obtient facilement l'asparagine.

V. MEYER. SUR LES BENZINES DE DIFFÉRENTES PROVENANCES. (*Berichte*, XV, p. 2893. Zurich.)

Bæyer a montré que la benzine et l'isatine, en présence d'acide sulfurique concentré, formaient de l'indophénine donnant d'abord une forte coloration verte qui passe ensuite au bleu pur. Cette coloration ne se produit qu'avec la benzine provenant de la houille et pas avec la benzine obtenue de l'acide benzoïque, on sait que ni le toluol ou les xyloles ne donnent cette réaction, en outre si on chauffe la benzine du goudron avec de l'acide sulfurique pendant 10 heures, la partie non attaquée ne donne plus d'indophénine, tandis que si on régénère la benzine de la sulfobenzine, celle-ci donne la réaction. Cette réaction décèle-t-elle l'existence de 2 benzines isomères, ou bien est-elle due à une impureté de l'une ou de l'autre benzine, c'est ce que Meyer va étudier.

F. RASINSKI. PRODUITS DE CONDENSATION DES PHÉNOLS ET DE L'ACIDE ACÉTIQUE ET MÉTHODE DE PRÉPARATION DES ÉTHERS ACIDES DES PHÉNOLS. (*Journ. prackt. Chemie*, 26, p. 53. Berne.)

Du phénol, de l'anhydrique acétique et du chlorure de zinc chauffés ensemble donnent après digestion subséquente avec l'acide chlorhydrique et précipitation par l'ammoniaque, la la phénacétéine $C_{16}H_{12}O_2$ poudre rouge, soluble avec coloration jaune dans les acides et rouge dans les alcalis. L'orcine traitée de même donne un homologue de l'acetfluorescéine et l'orcacétéine $C_{18}H_{16}H_4$ qui est une poudre jaune amorphe. L'orcacétophénone se prépare en dissolvant l'orcine dans l'acide acétique glacial et ajoutant de l'oxychlorure de phosphore, la réaction achevée on verse dans l'eau, l'huile qui se sépare est traitée à chaud par un alcali; en ajoutant ensuite de l'acide il se précipite l'orcacétophénone $C_9H_{10}O_3$ sous forme d'aiguilles, fusibles à 146°.

Les éthers acides des phénols se préparent facilement en faisant réagir l'oxychlorure de phosphore sur le produit de la fusion du phénol, et d'un acide organique; l'auteur a ainsi

obtenu l'éther diphénylique de l'acide benzoïque, l'éther dibenzoïque de la résorcine et de l'orcine.

G. Lunge. Analyse de dynamites. (*Dingler Polyt. Journ.*, CCXLV, p. 171. Zurich.)

Ce chimiste dose d'abord l'humidité puis extrait par l'éther et pèse le résidu dans lequel on estime le salpêtre qu'il peut contenir, la cellulose et la nitrocellulose qu'on extrait par l'alcool et l'éther; le résidu de la première extraction par l'éther est traité dans le nitromètre avec l'acide sulfurique, il se forme de l'oxyde d'azote qu'on mesure.

R. Bohm et K. Heumann. Sur la paraazophénol. (*Berichte*, XV, p. 3037. Zurich.)

Les auteurs ont préparé l'azophénone en fondant avec de la potasse caustique l'acide sulfoxyazobenzidique de Tschiswinsky et la paraazophénol en fondant avec la potasse l'acide p. disulfoazobenzidique de Laar, il fond à 204 et nitré il donne le 1, 2, 4, dinitrophénol fusible à 113° et non pas un dérivé de la paraazophénol comme on aurait pu s'y attendre; l'acide sulfurique agit moins énergiquement que l'acide nitrique et l'on obtient le sulfoparaazophénol, substance cristalline à reflets verts.

V. Merz et W. Weith. Sur quelques dérivés nitrés de la naphtaline. (*Berichte de Berlin*, XV, p. 2708. Zurich.)

La naphtaline bromée traitée par l'acide nitrique fumant donne deux dérivés binitrés, l'α fondant à 170,5 et le β à 143°. L'α traité de nouveau à chaud par l'acide nitrique fumant donne un tétradérivé fusible à 189° et le β un isomère fusible à 243°. L'α bromotétranitronaphtaline se dissout dans les alcalis caustiques et on obtient un naphtol fusible à 180° formant avec les métaux des sels colorés et bien cristallisés. Le corps isomère de la combinaison β n'a

pu être obtenu, mais avec l'ammoniaque ou l'aniline on obtient les amines.

L'α et la β bromodinitronaphtaline chauffées sous pression avec de l'acide nitrique dilué sont oxydées et l'on obtient l'acide α mononitrophtalique ; l'α bromotétranitronaphtaline traitée de même fournit un acide phtalique binitré fusible à 227°, qui par réduction donne l'acide diamidobenzoïque ordinaire, cette réaction a déjà lieu au bain-marie. La β bromotétranaphtaline oxydée donne un acide fusible à 200° qui réduit fournit un acide diamidobenzoïque et celui-ci distillé avec la chaux iodée donne le paraphénylendiamine, on a donc la constitution suivante :

a. Acide dimitrophtalique fusible à 227°.

NO_2 ; CO_2H ; NO_2 ; CO_2H

Acide *b* fusible à 2 00°.

NO_2 ; CO_2H ; CO_2H ; NO_2

Les groupes NO_2 sont donc, dans tous ces dérivés nitrés, également répartis sur les 2 noyaux benzol, et l'on a comme formules des dérivés binitrés.

NO_2 Br ; NO_2

et

Br ; NO_2 NO_2

V. Meyer et M. Cérésole. Constitution des corps nitrosés. (*Berichte*, XV, p. 3067. Zurich.)

Lors de la découverte de cette classe de corps, V. Meyer ne s'est pas prononcé sur la constitution du groupe qui les caractérise; a-t-il la constitution $x—CH_2—NO$ ou $x—CH=NOH$. La dernière hypothèse en faveur du groupe oximide paraît le mieux cadrer avec les faits observés depuis lors, ainsi :

1° On peut obtenir les corps nitrosés par l'action de l'hy-

droxylamine sur une kétone et il est probable que la réaction a lieu d'après le schema.

$$x = C\,O + H_2\,NOH = H_2O + x = C = NOH.$$

2° L'éther acétacétique seul donne un dérivé nitrosé par l'acide nitreux directement, tandis que ses homologues supérieurs, quoique plus stables, se décomposent; par cette réaction il se forme un alcool et de l'acide carbonique, ce qui s'explique si on admet le groupe oximide qui est bivalent et qui ne peut pas entrer par conséquent dans les homologues supérieurs de l'éther acétacétique qui renferment le groupe

| H
C— ou un seul H est remplaçable, et la réaction ne se
| CH_3
$COOC_2H_5$

comprend plus avec le reste NO qui est monovalent, et ne devrait pas amener cette décomposition.

3° On ne peut pas obtenir une dimétyl ou éthyl nitrosoacétone, ce qui devrait être possible avec la formule $X—C\begin{smallmatrix}/H\\ \backslash H\\ |NO\end{smallmatrix}$ on devrait pouvoir avoir d'abord $X—C\begin{smallmatrix}/H\\ \backslash CH_3\\ |NO\end{smallmatrix}$ qui est connu puis $x — C\begin{smallmatrix}/CH_3\\ \backslash CH_3\\ |NO\end{smallmatrix}$ qu'on n'a jamais pu obtenir ce qui s'explique de soi-même si la formule doit être $x — C\begin{smallmatrix}/H\\ \backslash\backslash NOH\end{smallmatrix}$ on ne peut alors substituer qu'un seul groupe méthyl, éthyl, etc., le même argument s'applique aux acides acétacétiques; aussi longtemps que dans l'acide acétacétique $CH_3 — CO — CH_2$ (| COOH) il reste au moins un H du groupe CH_2 l'acide nitreux agit et l'on obtient :

$$CH_3—CO—CH_2—COOH + NOOH = CO_2 + H_2O + CH_3.CO.CH_2NO$$

$$\text{et } CH_3—CO—CH\begin{smallmatrix}/CH_3\\ \backslash COOH\end{smallmatrix} + NOOH = CO_2 + H_2O + CH_3.CO.C\begin{smallmatrix}/CH_3\\ \backslash HNO\end{smallmatrix}$$

Mais si les 2 H du groupe CH_2 sont remplacés par des radicaux, l'acide nitreux n'agit plus, ce qui s'explique avec la bivalence du groupe oximide.

4° Les nitrosoacétones traités par l'acide chlorhydrique donnent facilement de l'hydroxylamine, ce qui se comprend bien avec la formule $x\,CH = NOH$ et mal avec la formule $x - CH_2 . NO$.

Ces probabilités sont devenues une certitude par la recherche suivante : on peut facilement introduire un atome métallique dans la nitrosoacétone, si donc on remplace ce métal par un radical on doit obtenir :

$$CH_3 - CO - C\begin{matrix} \diagup NO \\ \\ C_7H_7 \end{matrix}$$

par exemple qui est la benzylnitrosoacétone déjà connue ou

$$CH_3 . CO . \underset{\substack{| \\ C_7H_7}}{C} = NOH$$

dans l'hypothèse de groupe oximide, c'est-à-dire un isomère, c'est ce dernier cas qui se produit, le premier fond à 81°, le second à 45° — 46°, la benzylnitrosoacétone est soluble facilement dans les alcalis, l'éther benzylique de la nitrosoacétone ne l'est pas du tout même à chaud. La constitution du groupe n'est donc pas

$$x - C\begin{matrix} \diagup H_2 \\ \diagdown NO \end{matrix}$$

mais bien $x - C = N - OH$ ou

$$x - C\begin{matrix} \diagup NH \diagdown \\ \diagdown\ O\ \diagup \end{matrix}$$

question qui sera résolue par la saponification de l'éther ci-dessus, dans la première hypothèse on aurait de l'alcool benzylique, dans la seconde de la benzylamine.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 5 juillet 1883.

M. MEYER communique à la Société le résultat de ses observations sur le système de Saturne faites en 1881 avec l'équatorial Plantamour à l'Observatoire de Genève[1].

M. H. de SAUSSURE présente la continuation de son travail de revision de la tribu des orthoptères auquel a donné lieu la classification de la collection du Musée de Genève. Cette tribu forme avec la famille des Tryxaliens une famille naturelle caractérisée par l'état mutique du prosternum. Les Oedipodiens offrent des caractères remarquables dans la disposition des nervures des organes du vol et leurs ailes sont en général ornées des plus belles couleurs. Ces couleurs assez bien limitées suivant les genres montrent qu'on doit les considérer comme un caractère généalogique et par conséquent d'une importance plus grande qu'on ne le croit généralement. La plupart des genres se composent d'individus à vie solitaire, mais il y a toute une série, celle des Pachytylus qui n'offre que des insectes destructeurs exerçant les plus grands ravages dans les campagnes qu'ils envahissent. Leur distribution géographique présente des anomalies; certaines espèces voyageuses restent circonscrites sans qu'on puisse en expliquer la cause. Ainsi le Pachytylus migratorius ne dépasse pas les limites de l'Europe méridionale occidentale et cependant il semble qu'il trouverait les mêmes conditions biologiques dans tout le bassin méditerranéen. Ce criquet a fait, il y a quelques années, son apparition dans le Valais et y a causé des sérieuses appréhensions.

M. le prof. COLLADON parle d'observations qu'il a eu l'occasion de faire sur des mouvements spontanés de grêlons gisant sur le sol[2].

M. Ch. SORET signale un appareil sismographique décrit par M. Ewing dans les mémoires de la société sismologique du

[1] Ce travail a été publié *in extenso* dans le numéro des *Archives* du mois de juillet 1883, t. X, p. 73.

[2] Voyez pour cette communication p. 113.

Japon. Dans cet appareil la stabilité du pendule est diminuée par son association avec un pendule renversé. La sensibilité est ainsi rendue plus grande.

Séance du 2 août.

M. le prof. Louis Soret donne communication d'un mémoire sur l'absorption des rayons ultra-violets par différentes substances d'origine animale. Après avoir rappelé ses précédentes recherches sur l'absorption par les milieux de l'œil, confirmées récemment par celles de M. de Chardonnet, il montre que la faculté que possèdent certaines personnes de percevoir directement les rayons ultra-violets extrêmes ne peut guère s'expliquer par la sensibilité même de la rétine. Il indique la possibilité que cette perception soit la conséquence de phénomènes de fluorescence.

M. Soret donne les résultats de ses recherches sur la nature de la substance à laquelle les humeurs aqueuse et vitrée doivent leurs propriétés absorbantes, ainsi que sur l'absorption exercée par les substances albuminoïdes, quelques dérivés de ces substances et divers liquides de l'économie animale[1].

M. le prof. de Candolle montre le dessin de l'*Anona Rhizantha*, arbre fort singulier découvert par M. G. Peckolt, près de Rio de Janeiro, et décrit par M. Eichler[2]. Dans cette espèce, des rameaux descendent du tronc et plus souvent sortent de sa base même, puis ils s'enfoncent dans le terrain et y rampent comme des racines. Sur ces rameaux souterrains naissent des pédoncules floraux qui s'élèvent au-dessus du sol et portent chacun une fleur de véritable anona. Les rameaux ont des rudiments de feuilles. L'espèce est rare, attendu que les animaux s'emparent des fruits. M. de Candolle la regarde comme une des plantes les plus mal pourvues dans le combat pour l'existence.

M. le prof. Colladon donne communication de ses propres observations et de celles qu'il a recueillies sur les cas de chute de foudre qui se sont produits dans les orages récents du 13 et du 31 juillet. L'orage du 13 a présenté un phénomène assez rare, celui des éclairs multiples constatés par

[1] Sera publié dans un des prochains numéros des *Archives*.

[2] *Jahrbuch des Bot. Gardens.* Berlin, vol. 2.

différentes personnes et par M. Colladon lui-même. Il a observé en particulier un éclair se subdivisant en cinq branches avant d'atteindre le sol. On aurait observé également un éclair à deux branches ayant leur point de jonction sur le sol même, phénomène signalé par Arago. Au nombre des cas de chute de foudre durant l'orage du 13, un cèdre d'environ 18 mètres de hauteur, dans la campagne de M. de Candolle au Vallon, a été atteint. L'arbre ne présente presque pas de trace à sa partie supérieure, et à quelques centimètres au-dessus du sol il s'est produit une large déchirure dans l'écorce du tronc. Une vigne foudroyée à Villette présente les effets précédemment observés et décrits par M. Colladon. Les ceps foudroyés sont compris dans une circonférence de 6 ou 7 mètres de rayon, ce qui implique 130 à 150 plants de vigne. Il montre un spécimen de branche de vigne foudroyée; le bois est rayé longitudinalement de jaune et de noir et les grappes sont fusées, tout en présentant le fait assez singulier de quelques grains intacts.

Durant l'orage du 31, un ormeau dans la campagne de M. Gautier à Cologny a été atteint, et de l'ormeau la décharge a été dérivée sur un accacia distant de 7 mètres. C'est sur l'accacia que les effets du passage de l'électricité ont été le plus violents. Une branche de 35 centimètres de diamètre a été brisée en fragments dont les plus gros pesaient jusqu'à 25 kilogrammes.

S'appuyant sur d'autres observations, M. Colladon rappelle que dans beaucoup de cas, c'est le voisinage d'un cours d'eau ou d'un réservoir quelquefois souterrain qui attire la foudre sur un arbre qui s'en trouve voisin.

M. Gautier lit une lettre qui lui a été adressée par M. Gros-Claude, qui a observé de St-Cergues sur le Jura un phénomène lumineux au coucher du soleil, dans la direction du Sud-Est. On voyait un rayonnement qui semblait impliquer un foyer lumineux au-dessous de l'horizon.

M. le prof. L. Soret fait observer que la catastrophe de Casamicciola ne paraît pas avoir été accompagnée de secousses concomitantes dans d'autres pays. Toutefois, à Genève quelques légères indications de secousse ont été constatées dans la nuit du 24 au 25 juillet.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUILLET 1883

Le 1er, à 5 h. 45 m. du soir éclairs et tonnerres au SO.; forte pluie.
2, à 2 h. 35 m. du soir premier coup de tonnerre ; fort vent; de 4 h. à 4 h. 1/2 forte averse. Arc-en-ciel double à 4 h. 1/2 du soir.
3, rosée le matin Depuis 8 h. 1/4 du soir à 8 h. 35 m. tonnerres au N.
4, rosée le matin. Eclairs au NO. dans la soirée.
6, depuis 4 h. du soir éclairs et tonnerres au SO., à l'O. et au NO.; à 4 h. 27 m. une forte pluie commence par un ford vent du S, qui saute à 4 h. 32 m. à l'O., à 4 h. 35 m. au SO. et enfin à 4 h. 37 m. au N. A 4 h. 45 m. éclairs et tonnerres dans toutes les directions, mais à une certaine hauteur. L'orage s'éloigne ensuite dans la direction du NE.
7, forte rosée le matin.
8, id.
9, id.
10, à 9 h. 25 m. du matin éclairs et tonnerres à l'O. Second orage à 3 h. 20 m. du soir; éclairs et tonnerres au N., puis dans toutes les directions. Dans la soirée éclairs au N. et à l'E.
11, forte rosée.
13, assez fort vent toute la journée. A 7 h. 50 m. du soir vifs éclairs et tonnerres au S. et au SO. A 8 h du soir forte pluie; la foudre tombe en plusieurs points rapprochés. L'orage passe au NE. Nouvel orage à 9 h. 1/2 du soir.
14, à 9 h. 30 m. du matin éclairs et tonnerres au SO. A 5 h. 50 m. du soir orage à l'E. et au NE. Arc-en-ciel double à 7 h. du soir.
24, à 5 h. 55 m. du soir éclairs et tonnerres au SSO; forte pluie.
25, éclairs au N. vers 10 h. du soir.
26, forte rosée le matin.
27, id.
28, id.
29, id. ; hâlo solaire à 4 h. du soir.
30, faible rosée le matin. Depuis 9 h. 45 m. du soir éclairs et tonnerres sur tout l'horizon; forte pluie.
31, forte pluie à 1 h. 15 m. du soir. A 4 h. 15 m. du soir violent orage à l'O., au S. et au N. Très forte pluie; forte bise à laquelle succède brusquement un fort vent du SO.

REMARQUES. Le mois de juillet a été de 1°,4 plus froid que la moyenne des 50 années 1826-1875; la quantité d'eau tombée est égale à plus de deux fois la normale.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 6 h. matin	727,36	Le 3 à 4 h. soir	726,16
9 à 8 h. matin	728,78	6 à 4 h. soir	722,94
16 à 10 h. soir	735,88	12 à 6 h. soir	722,20
22 à 10 h. soir	729,32	20 à 6 h. soir	721,46
26 à 8 h. matin	729,76	24 à 4 h. soir	724,64
28 à 10 h. soir	728,00	27 à 6 h. soir	726,74
31 à 10 h. soir	727,75	30 à midi et 2 h. soir	722,15

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	730,11	+ 2,75	+18,96	+ 0,74	+14,8	+26,5	13,02	+2,55	813	+124	480	1000	11,6	3	variable	0,93	+ ...	.....	180,0
2	729,81	+ 2,42	+18,02	— 0,26	+14,4	+23,5	12,72	+2,22	817	+129	630	920	1,9	2	NNE. 1	0,63	17,9	+ 0,9	184,0
3	727,89	+ 0,48	+20,00	+ 1,66	+13,7	+27,5	13,51	+2,98	762	+ 75	570	930	...	...	N. 1	0,39	18,6	+ 1,5	187,0
4	726,85	— 0,59	+22,66	+ 4,26	+17,3	+27,8	11,99	+1,43	614	— 72	430	870	...	...	SSO. 1	0,69	19,2	+ 2,0	187,5
5	726,20	— 1,26	+18,56	+ 0,11	+14,9	+25,9	12,83	+2,24	804	+119	530	940	2,5	4	variable	0,73	18,5	+ 1,3	188,0
6	724,17	— 3,32	+18,33	— 0,17	+15,7	+24,4	13,06	+2,45	819	+134	630	960	14,9	3	variable	0,57	17,6	+ 0,3	192,0
7	726,40	— 1,11	+19,40	+ 0,86	+12,8	+26,4	14,00	+3,36	796	+112	550	910	...	...	NNE. 1	0,39	18,5	+ 1,1	198,2
8	727,06	— 0,48	+22,05	+ 3,46	+14,9	+31,0	13,75	+3,08	694	+ 11	350	870	...	...	variable	0,44	...	.....	201,0
9	727,90	+ 0,34	+25,60	+ 6,97	+17,6	+32,4	13,52	+2,83	571	—111	330	790	...	...	variable	0,11	19,7	+ 2,1	206,3
10	726,42	— 1,16	+21,93	+ 3,26	+18,2	+28,0	13,63	+2,92	702	+ 20	480	800	1,3	1	variable	0,71	20,5	+ 2,9	207,1
11	725,57	— 2,03	+23,46	+ 4,76	+14,4	+30,7	12,43	+1,70	627	— 54	310	840	...	...	SSO. 1	0,37	19,4	+ 1,7	212,1
12	723,98	— 3,65	+25,59	+ 6,86	+19,9	+31,4	15,41	+4,66	658	— 22	430	800	...	...	SSO. 1	0,38	15,2	— 2,6	214,5
13	722,87	— 4,78	+23,44	+ 4,68	+15,4	+29,4	12,68	+1,91	620	— 60	400	990	17,0	4	SO. 2	0,49	14,7	— 3,1	217,0
14	724,50	— 3,17	+14,14	— 4,65	+12,8	+18,6	11,69	+0,90	927	+248	820	1000	22,2	10	variable	0,98	14,4	— 3,5	228,2
15	728,77	+ 1,08	+14,48	— 4,33	+11,3	+19,3	7,77	—3,03	646	— 33	420	790	3,0	1	SSO. 1	0,82	...	.....	230,0
16	733,12	+ 5,41	+11,58	— 7,25	+10,0	+16,5	7,83	—2,99	778	+100	610	870	3,3	6	variable	0,86	11,4	— 6,6	231,8
17	733,04	+ 5,31	+14,60	— 4,25	+ 8,5	+20,1	7,95	—2,88	645	— 33	440	840	...	...	variable	0,60	10,9	— 7,2	233,8
18	728,31	+ 0,57	+15,09	— 3,78	+10,1	+19,6	7,84	—3,01	639	— 39	460	730	...	...	SO. 1	0,84	10,7	— 7,4	231,6
19	723,95	— 3,81	+15,74	— 3,14	+12,5	+20,5	10,60	—0,26	793	+115	600	910	1,9	3	S. 1	0,96	12,5	— 5,7	231,2
20	722,55	— 5,23	+14,85	— 4,04	+12,4	+17,6	12,54	+1,67	936	+259	840	990	12,1	10	variable	0,99	12,0	— 6,3	229,0
21	725,02	— 2,77	+17,89	— 1,00	+14,1	+23,0	9,33	—1,55	636	— 41	480	690	8,0	3	SO. 1	0,58	14,0	— 4,3	227,8
22	726,70	— 1,11	+13,74	— 5,16	+ 9,9	+18,9	7,95	—2,94	705	+ 28	450	920	0,9	1	S. 1	0,74	...	.....	227,0
23	728,13	+ 0,31	+12,25	— 6,65	+ 7,9	+16,7	8,08	—2,82	751	+ 74	520	890	...	...	S. 1	0,97	11,3	— 7,1	227,0
24	725,82	— 2,02	+12,32	— 6,57	+ 9,3	+17,9	9,37	—1,53	840	+162	630	1000	17,8	11	SSO. 1	1,00	11,0	— 7,4	226,0
25	728,34	+ 0,49	+14,22	— 4,67	+10,0	+20,3	8,52	—2,39	712	+ 34	460	950	1,5	2	variable	0,53	11,6	— 6,9	224,2
26	729,41	+ 1,55	+14,67	— 4,21	+ 7,0	+20,7	7,91	—3,00	650	— 28	380	850	...	...	N. 1	0,50	11,7	— 6,8	223,7
27	727,76	— 0,11	+14,46	— 4,41	+ 8,3	+22,0	8,17	—2,75	664	— 14	440	870	...	...	N. 1	0,42	14,3	— 4,3	220,8
28	727,33	— 0,56	+14,81	— 4,04	+ 7,8	+20,8	7,94	—2,98	650	— 29	410	900	...	...	N. 1	0,27	15,7	— 2,9	218,0
29	726,71	— 1,19	+15,54	— 3,30	+ 7,3	+21,8	8,83	—2,09	680	+ 1	370	830	...	...	variable	0,39	...	.....	215,0
30	722,86	— 5,05	+17,05	— 1,77	+12,5	+23,8	10,15	—0,77	708	+ 28	460	960	7,0	3	SSO. 1	0,87	17,5	— 1,2	212,9
31	724,89	— 3,03	+15,03	— 3,76	+12,5	+20,5	11,00	+0,08	839	+158	560	970	26,7	2	SSO. 1	0,79	15,9	— 2,8	208,0

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,71	727,79	727,69	727,16	726,51	726,47	726,75	727,16	727,51
2e »	726,82	726,92	726,87	726,78	726,41	726,04	725,93	726,22	726,72
3e »	726,75	726,85	726,66	726,38	726,32	726,19	726,40	726,85	727,34
Mois	727,08	727,18	727,06	726,76	726,41	726,23	726,36	726,75	727,19
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+17,67	+20,50	+22,11	+24,76	+25,31	+24,34	+22,21	+20,61	+19,05
2e »	+15,23	+17,05	+19,14	+20,21	+20,89	+21,24	+19,46	+17,04	+15,92
3e »	+12,19	+15,22	+17,19	+18,55	+18,20	+18,47	+16,32	+14,54	+13,03
Mois	+14,94	+17,51	+19,41	+21,09	+21,37	+21,25	+19,23	+17,30	+15,91
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	13,02	13,29	13,38	13,11	13,15	12,62	13,44	13,69	13,59
2e »	10,81	11,10	10,90	10,58	10,44	10,52	10,77	10,74	10,65
3e »	8,87	9,52	9,45	8,21	8,51	8,52	8,83	9,10	9,00
Mois	10,83	11,25	11,18	10,55	10,63	10,49	10,94	11,11	11,02
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	866	746	680	554	556	577	705	766	830
2e »	822	756	669	616	587	564	634	738	782
3e »	840	739	643	518	554	544	650	745	805
Mois	843	747	663	561	565	561	663	750	806

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 15,43	+ 27,34	0,56	+ 18,81	32,2	193,11
2e »	+ 12,73	+ 22,37	0,73	+ 13,47	59,5	225,92
3e »	+ 9,69	+ 20,58	0,64	+ 13,67	61,9	220,95
Mois	+ 12,52	+ 23,34	0,64	+ 15,18	153,6	213,57

Dans ce mois, l'air a été calme 1,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,50 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 44°,1 O. et son intensité est égale à 36,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1883.

Le 3, brouillard à 6 h. du matin.
5, à 2 h. $^1/_2$ du soir tonnerre au S.; brouillard à 4 h. du soir.
6, à 7 h. $^1/_4$ du matin grêle pendant 2 minutes.
10, de 9 h. $^1/_2$ à 10 h. du matin orage au SO; de 3 h. à 4 h. du soir pluie et grêle; de 7 h. $^1/_2$ à 8 h. du soir éclairs et tonnerres.
14, grêle vers 2 h. $^1/_2$ du soir; brouillard depuis 8 h. du soir; assez fort vent toute la journée.
15, faible neige et brouillard le matin par une assez forte bise.
16, très forte bise tout le jour; neige le matin, brouillard l'après-midi.
17, assez forte bise le matin; brouillard le soir.
18, depuis 6 h. du soir brouillard par une assez forte bise.
19, neige le matin.
20, légère neige à 10 h. du matin; assez fort vent le soir.
21, brouillard le matin.
22, id. ; neige l'après-midi par une assez forte bise.
23, forte bise tout le jour; brouillard le matin et l'après-midi; neige à 2 h. du soir.
24, neige par un assez fort vent l'après-midi.
25, neige dans la nuit du 24 au 25, brouillard dans la journée.
26, neige dans la nuit du 25 au 26; brouillard à 6 h. du matin.
27, brouillard le matin; neige l'après-midi.
28, forte bise tout le jour; brouillard dans la journée.
29, brouillard à 10 h. du soir.
30, fort vent toute la journée.
31, id. ; légère neige à 6 h. du matin.

REMARQUES. La quantité d'eau tombée dans ce mois est trois fois plus forte que la normale; la température est de 1°,6 inférieure à la moyenne.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 4 à 10 h. soir	567,47
Le 5 à 8 h. matin	569,55		
		6 à 8 h. matin	566,69
9 à 2 h. soir	572,33		
		15 à 6 h. matin	564,26
16 à 10 h. soir	570,16		
		19 à 8 h. matin	563,02
21 à 10 h. soir	565,90		
		22 à midi	563,62
23 à 10 h. soir	565,18		
		24 à 8 h. soir	563,54
26 à 10 h. soir	567,22		
		28 à 6 h. matin	564,32
31 à 10 h. soir	565,99		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum des 9 observat.	Maximum des 9 observat.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	571,07	+ 3,20	570,73	571,31	+ 5,90	+ 0,50	+ 4,6	+10,4	.....	9,8	....	SO.	1	0,71
2	570,68	+ 2,75	570,58	570,94	+ 6,70	+ 1,24	+ 4,5	+11,0	.....	.....	....	NE.	1	0,56
3	570,18	+ 2,20	569,74	570,51	+ 8,78	+ 3,26	+ 4,8	+13,0	.....	.....	....	SO.	1	0,38
4	569,35	+ 1,32	567,47	569,98	+ 7,88	+ 2,30	+ 6,6	+11,5	.....	5,4	....	SO.	1	0,72
5	568,26	+ 0,18	567,63	569,55	+ 7,19	+ 1,55	+ 6,1	+12,4	.....	7,5	....	SO.	1	0,67
6	567,11	— 1,02	566,69	569,08	+ 6,90	+ 1,20	+ 5,4	+10,7	.....	14,0	....	SO.	1	0,78
7	568,81	+ 0,63	568,01	570,96	+ 8,58	+ 2,83	+ 5,7	+12,2	.....	.....	....	variable		0,26
8	570,48	+ 2,25	569,60	572,00	+10,25	+ 4,45	+ 6,3	+13,8	.....	.....	....	NE.	1	0,28
9	571,75	+ 3,48	569,27	572,33	+12,26	+ 6,41	+ 8,2	+16,0	.....	.....	....	NE.	1	0,17
10	570,02	+ 1,71	569,35	570,94	+ 9,55	+ 3,65	+ 7,0	+14,9	.....	18,0	....	SO.	1	0,77
11	569,21	+ 0,86	568,96	569,52	+10,75	+ 4,80	+ 6,6	+14,5	.....	.....	....	NE.	1	0,49
12	568,94	+ 0,55	567,12	569,62	+10,29	+ 4,30	+ 8,8	+13,3	.....	.....	....	SO.	1	0,67
13	567,68	— 0,75	566,91	568,31	+ 9,47	+ 3,44	+ 8,4	+12,8	.....	8,0	....	SO.	1	0,74
14	564,61	— 3,86	564,30	565,52	+ 5,32	— 0,75	+ 3,4	+ 8,1	.....	26,0	....	SO.	2	0,93
15	565,66	— 2,85	564,26	566,22	+ 0,80	— 5,31	— 0,7	+ 6,0	70	6,5	....	NE.	1	0,64
16	567,58	— 0,97	565,66	570,16	— 4,19	—10,33	— 7,8	— 1,5	100	5,7	....	NE.	3	0,91
17	568,50	— 0,08	567,44	569,47	— 1,14	— 7,31	— 4,8	+ 2,8	.....	.....	....	NE.	1	0,43
18	565,20	— 3,41	565,02	565,84	+ 1,36	— 4,84	+ 0,2	+ 4,0	.....	.....	....	NE.	1	0,63
19	563,80	— 4,84	563,02	564,90	+ 3,51	— 2,72	+ 1,5	+ 6,8	8	10,0	....	NE.	1	0,91
20	564,02	— 4,65	563,82	564,33	+ 3,48	— 2,78	+ 2,5	+ 6,0	.....	16,8	....	SO.	1	0,94
21	564,87	— 3,83	563,73	565,90	+ 5,45	— 0,84	+ 2,7	+ 9,8	.....	7,8	....	NE.	1	0,46
22	564,09	— 4,64	563,62	564,53	+ 0,13	— 6,18	— 2,8	+ 6,2	110	8,3	....	NE.	2	0,88
23	564,52	— 4,23	563,85	565,18	— 0,99	— 7,32	— 3,7	+ 2,1	10	0,4	....	NE.	2	0,88
24	564,19	— 4,58	563,54	564,72	+ 1,69	— 4,66	— 1,2	+ 5,0	60	8,9	....	SO.	2	0,79
25	565,58	— 3,21	563,55	566,62	+ 0,11	— 6,26	— 2,8	+ 4,1	210	26,2	....	NE.	1	0,88
26	566,69	— 2,12	565,92	567,22	+ 6,67	— 5,71	— 1,5	+ 3,8	20	12,0	....	NE.	1	0,43
27	565,42	— 3,41	564,77	566,02	+ 0,15	— 6,24	— 0,2	+ 2,8	80	22,0	....	NE.	1	0,81
28	565,19	— 3,65	564 32	565,83	+ 0,35	— 6,05	— 1,8	+ 3,3	.....	.....	....	NE.	2	0,80
29	565,29	— 3,56	564,83	565,64	+ 4,09	— 2,32	+ 0,4	+ 7,3	.....	.....	....	NE.	1	0,52
30	564,52	— 4,34	564,33	564,73	+ 3,28	— 3,13	+ 3,6	+ 5,3	.....	8,9	....	SO.	2	0,93
31	564,60	— 4,27	563,85	565,99	+ 2,46	— 3,95	+ 1,4	+ 5,7	.....	3,8	....	SO.	2	0,90

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1883.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	569,74	569,83	569,90	569,81	569,77	569,66	569,81	569,93	569,80
2e »	566,48	566,35	566,50	566,52	566,54	566,54	566,77	566,81	566,48
3e »	564,61	564,84	564,89	564,75	565,08	565,14	565,22	565,33	565,43
Mois	566,86	566,94	567,03	566,95	567,06	567,05	567,20	567,29	567,18

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,29	+ 8,28	+11,13	+12,09	+11,54	+10,76	+ 8,88	+ 7,76	+ 7,13
2e »	+ 2,51	+ 3,77	+ 5,28	+ 6,39	+ 6,32	+ 5,92	+ 5,40	+ 4,44	+ 3,94
3e »	+ 0,16	+ 1,62	+ 3,38	+ 4,49	+ 4,46	+ 3,55	+ 2,28	+ 1,55	+ 1,02
Mois	+ 2,89	+ 4,46	+ 6,49	+ 7,55	+ 7,35	+ 6,64	+ 5,42	+ 4,48	+ 3,93

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 5,92	+12,59	0,53	54,7	—
2e »	+ 1,81	+ 7,28	0,73	73,0	178
3e »	− 1,03	+ 5,04	0,75	98,3	490
Mois	+ 2,13	+ 8,20	0,67	226,0	668

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,34 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 19,0 sur 100.

VÉRIFICATION

DE

QUELQUES POIDS ATOMIQUES

SECOND MÉMOIRE [1]

ZINC, MAGNÉSIUM

PAR

M. C. MARIGNAC

ZINC

La plupart des chimistes ont adopté pour poids atomique du zinc le nombre 65 (plus exactement 65,05), résultant des expériences de M. Axel Erdmann [2] sur la conversion du métal pur en oxyde par l'action de l'acide azotique. Cependant nous possédons des déterminations assez différentes, faites par MM. Favre et Jacquelain, arrivant tous les deux au nombre 66. Bien que ces derniers résultats soient peu sûrs, soit en raison de la complication des méthodes employées, soit par suite du peu de garantie de pureté qu'offrent les matières

[1] Pour le premier mémoire, voir ci-dessus page 5.

[2] *Poggend. Annal.*, 62, 611.

employées, nous voyons cependant ce nombre admis par quelques auteurs, particulièrement par M. Wurtz dans son Dictionnaire de chimie.

Il n'était donc pas inutile de contrôler ces déterminations, en les combinant avec des essais sur la séparation de l'oxyde de zinc en divers produits par des précipitations ou décompositions successives.

En outre, dès le commencement de ces recherches, j'ai pu constater que la méthode très simple employée par M. Erdmann renfermait une cause d'erreur, que ce savant n'a pas soupçonnée, et qui a dû nécessairement lui faire obtenir un poids atomique trop faible. Cette cause d'erreur résulte de l'impossibilité d'obtenir exactement par la calcination le poids de l'oxyde de zinc provenant de l'azotate, par suite de la présence dans cet oxyde de composés nitreux, qui y persistent jusqu'aux températures les plus élevées, et qui ne sont complètement chassés que lorsque l'oxyde a été soumis à une calcination assez prolongée et assez énergique pour avoir subi une perte très notable de son poids par volatilisation. [1].

On comprend que cette cause d'erreur ait échappé à M. Erdmann. Il n'avait pas alors à sa disposition les moyens commodes que l'on possède aujourd'hui, au moyen du gaz et du chalumeau à gaz, pour produire des températures très élevées sans avoir à craindre des phénomènes de réduction. Il ne donne pas, dans son Mémoire, d'indication sur le procédé de chauffage qu'il a employé, mais la calcination au feu de charbon étant

[1] Volatilisation apparente, comme l'a montré H. Deville et résultant d'une dissociation par suite de laquelle les deux éléments, zinc et oxygène, prennent tous deux l'état gazeux.

interdite, il est probable qu'il s'est borné à l'emploi de la lampe à alcool à double courant et qu'il a admis, sans vérification, l'opinion généralement admise alors que tous les azotates métalliques sont complètement décomposés à la chaleur rouge.

M'étant proposé de rechercher s'il y aurait quelque différence entre les produits successifs de la décomposition de l'azotate de zinc par la chaleur, et de déterminer leur poids atomique par leur conversion en sulfate, j'ai dû m'assurer d'abord du degré de calcination auquel il fallait les soumettre pour obtenir des poids constants. Or j'ai constaté qu'il m'était impossible d'arriver à un poids qui ne subît pas une nouvelle diminution par une calcination un peu plus énergique. J'ai cru d'abord devoir attribuer ce résultat à la présence de quelques traces de sulfate, mais j'ai dû reconnaître qu'il était bien causé par la persistance de composés nitreux. Leur présence se reconnaît facilement en effet à la coloration bleue qui se produit, lorsqu'on essaie de dissoudre l'oxyde dans l'acide chlorhydrique en présence d'une dissolution d'amidon et d'iodure de potassium. Cette coloration, faible il est vrai, se manifeste encore lorsque l'oxyde a été chauffé au chalumeau à gaz assez fortement pour que sa volatilisation soit manifestée par le dépôt d'une poussière d'oxyde sur le couvercle du creuset, et l'apparition d'une flamme blanche sortant de ce creuset. Elle ne cesse de se produire que lorsque la calcination à cette haute température a été prolongée assez longtemps[1].

[1] Il est probable que l'oxyde de zinc et la magnésie ne sont pas les seuls oxydes qui retiennent aussi énergiquement des composés nitreux, lorsqu'on les prépare par la calcination de leurs azotates. Ce fait expliquerait peut-être plusieurs des anomalies signalées par

Il n'est pas douteux que M. Erdmann ne soit resté bien au-dessous de cette température et qu'il n'ait obtenu par ce fait un poids d'oxyde trop fort et par suite un poids atomique trop faible.

J'ai préparé de l'oxyde de zinc pur au moyen des liqueurs obtenues dans la préparation de l'hydrogène par l'action de l'acide sulfurique pur sur le zinc distillé. La liqueur renfermant un faible excès d'acide a été saturée d'hydrogène sulfuré qui a déterminé un très faible précipité blanc grisâtre, principalement formé de sulfure de zinc avec une trace de sulfure de cuivre. La dissolution filtrée a été évaporée à siccité; le résidu faiblement calciné et repris par l'eau a laissé quelques traces de silice et d'oxyde de fer mélangés d'oxyde de zinc.

La dissolution, mêlée de chlorure ammonique et sursaturée d'ammoniaque est demeurée parfaitement limpide. On en a précipité tout le zinc par l'hydrogène sulfuré et lavé le sulfure de zinc, d'abord par décantation, puis sur un filtre, avec un mélange d'eau et d'acide acétique, pour enlever toute trace possible de manganèse, de fer ou de terres alcalines.

Le sulfure de zinc a été redissous par l'acide azotique, mais, bien que j'eusse employé un acide très étendu, il s'est formé une proportion notable de sulfate. En conséquence j'ai précipité tout l'oxyde par l'acide oxalique, je l'ai calciné, lavé avec soin et redissous de nouveau par l'acide azotique.

M. Schutzenberger (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 39, 258), et que ce savant croit pouvoir attribuer à un certain degré de variabilité dans les poids atomiques de quelques éléments, suivant la nature des composés dont ils font partie ou d'où on les a extraits.

La dissolution d'azotate de zinc a été concentrée dans une capsule de platine et soumise à une série de décompositions partielles par la chaleur de manière à partager toute la masse en cinq produits successifs qui devaient me servir à la détermination du poids atomique du zinc par la conversion de l'oxyde en sulfate.

L'oxyde était pesé après une calcination forte et prolongée au chalumeau à gaz, pour chasser complètement les composés nitreux, puis dissous par l'acide sulfurique étendu, et la dissolution évaporée avec toutes les précautions que j'ai indiquées dans un article précédent [1] à propos de la détermination du poids atomique du bismuth. Mais il me paraît inutile de rapporter ici les résultats de ces essais, attendu qu'ils ne m'inspirent aucune confiance. Il m'a été impossible en effet de trouver, au moins dans les conditions où j'opérais, une température telle qu'un chauffage même très peu plus fort ne donnât pas lieu à une nouvelle diminution de poids, en sorte qu'il est impossible de savoir à quel moment l'acide sulfurique en excès est complètement chassé, sans qu'il y ait un commencement de décomposition du sulfate. On ne peut d'ailleurs s'assurer, ni s'il est resté un excès d'acide en redissolvant le produit dans l'eau, puisque le sulfate de zinc a toujours par lui-même une réaction acide, ni s'il y a eu décomposition, car il peut redissoudre une certaine quantité d'oxyde.

Je tirerai cependant de ces essais une conséquence qui a quelque intérêt, c'est que si l'on a soin de pousser dans tous les cas l'évaporation du sulfate jusqu'au même point, on obtient toujours exactement le même rapport

[1] *Archives*, juillet 1883.

entre les poids de l'oxyde et du sulfate depuis le premier jusqu'au dernier des produits successifs de la décomposition de l'azotate de zinc par la chaleur, il n'y a donc aucune raison de supposer une différence entre eux.

Parmi les diverses méthodes qui peuvent être employées pour la détermination des poids atomiques, l'une des plus sûres et des plus faciles est celle qui repose sur l'analyse des chlorures. La facile décomposition du chlorure de zinc par l'évaporation de sa dissolution ne permet pas de songer à son emploi, mais on pouvait espérer que l'on ne rencontrerait pas la même difficulté en le remplaçant par le chlorure double de potassium et de zinc, sel anhydre et bien cristallisé. Un essai préliminaire m'a montré en effet que lorsque ce sel a été desséché vers 140 ou 150°, il peut être chauffé à une température beaucoup plus élevée, au delà de 300°, sans subir aucune perte de poids.

J'ai préparé ce sel au moyen d'une dissolution d'oxyde de zinc pur dans l'acide chlorhydrique et du chlorure de potassium obtenu par la calcination de chlorate de potasse purifié lui-même par plusieurs cristallisations. N'ayant à craindre la présence d'aucun élément étranger, il ne s'agissait que de le débarrasser de l'excès de l'un ou de l'autre de ses deux constituants.

Son extrême solubilité [1] me faisant prévoir qu'il ne

[1] Je ne connais, sur la solubilité et la fusibilité de ce sel, que les indications approximatives de M. Pierre (*Annales de Chim. et de Phys.* [3] 16, 248). Elles sont très éloignées de la vérité. Suivant ce chimiste ce sel se dissoudrait dans un poids d'eau égal au sien, et son point de fusion serait à environ 200°.

La solubilité ne peut en être déterminée rigoureusement, car nous verrons qu'il est partiellement décomposé par l'eau. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'une dissolution saturée, telle qu'on l'obtient par

serait guère possible de le purifier par plusieurs cristallisations répétées, j'ai cru pouvoir arriver à un résultat satisfaisant en opérant de la manière suivante.

Ayant préparé une assez grande quantité de sel double, je l'ai disposé dans un entonnoir, au-dessus d'un flacon placé lui-même sous une grande cloche à côté d'un vase plein d'eau. Le sel était ainsi abandonné à la déliquescence, sa dissolution saturée, se formant à la surface, filtrait lentement au travers de la masse en déplaçant l'eau mère qui imprégnait les cristaux. En analysant de deux en deux jours le liquide qui s'écoulait, je devais arriver bientôt à des résultats constants correspondant à la composition du chlorure double parfaitement pur $Zn\,Cl^2 + 2\,KCl$.

L'analyse elle-même, ou plutôt le dosage du chlore se faisait dans les conditions suivantes. Deux à quatre centimètres cubes du liquide produit par la déliquescence étaient introduits dans un petit matras de verre taré, muni d'un bouchon percé de deux trous qui permettait d'y faire circuler un courant d'air aspiré par une trompe Bunsen. Cet air était préalablement desséché par l'acide sulfurique, puis, après avoir traversé le matras à évapo-

la déliquescence spontanée entre 20 et 23°, et qui contient 2 % de chlorure de zinc et 98 % de chlorure double, renferme 74,5 % de sel et 25,5 % d'eau.

Quant au point de fusion, il ne peut être déterminé au moyen du thermomètre à mercure. Si l'on introduit, dans un creuset plein de ce sel, un tube de verre fermé par le bas et renfermant quelques fragments de plomb, et si l'on chauffe, on voit le plomb fondre avant le sel qui l'entoure. Si l'on remplace le plomb par du zinc, celui-ci entre en fusion après le sel, mais en même temps que disparaissent les dernières portions de celui-ci flottant dans le bain. Le point de fusion diffère donc très peu de celui du zinc soit 400 à 420°. Le bain fondu n'exhale aucune fumée ou vapeur acide.

ration, il était aspiré au travers d'une dissolution d'azotate d'argent, afin de constater si la dessiccation du chlorure double n'entraînait aucune perte d'acide chlorhydrique. Le matras était suspendu au milieu d'un grand creuset métallique chauffé par une flamme de gaz.

Une première opération était faite à une température qui ne dépassait pas 150 à 200°, puis le matras était pesé après le refroidissement. On le soumettait une seconde fois à une température plus élevée, dépassant certainement 300°. Dans la plupart des cas aucun changement de poids n'est résulté de cette seconde dessiccation. La dissolution d'azotate d'argent traversée par le courant d'air, et dans laquelle se condensait toute la vapeur d'eau produite par la dessiccation du sel, est toujours restée parfaitement limpide, sauf dans un cas où il s'agissait d'un mélange renfermant un excès très notable de chlorure de zinc.

Connaissant le poids du chlorure double parfaitement desséché, je faisais dissoudre dans l'acide azotique étendu un poids d'argent pur calculé de manière à correspondre à peu près exactement à celui du chlore et, après avoir mêlé les deux solutions, j'achevais d'établir le titre exact au moyen de solutions étendues et titrées d'argent et de chlorure de potassium.

Ces dosages de chlore répétés ainsi tous les deux jours m'ont donné, pour 100 parties de sel desséché :

49,91
49,77
49,738
49,735
49,741

On arrive donc, comme on pouvait le prévoir, à une

composition constante. L'excès de chlore trouvé dans la première analyse s'explique naturellement, car j'avais, dans la préparation du chlorure double, employé le chlorure de zinc en excès, en sorte que la première eau mère devait nécessairement en retenir.

Si l'on calcule le poids moléculaire du chlorure double d'après la proportion de chlore 49,738 moyenne des trois dernières déterminations, on trouve le nombre 285,15 ce qui conduirait à 65,05 pour le poids atomique du zinc.

Il semble donc, à première vue, que c'est là une confirmation parfaite du nombre généralement admis. Mais il me suffira d'ajouter une seule observation pour montrer que ce résultat en prouve au contraire l'inexactitude. En effet, je me suis bientôt aperçu que les cristaux du chlorure double ne disparaissent pas intégralement par la déliquescence. Il reste une couche poreuse, partant de la surface du sel et s'accroissant de plus en plus, qui n'est formée que de chlorure de potassium. Ainsi le sel double se décompose en partie dans sa déliquescence, laissant un résidu de chlorure de potassium, par conséquent la liqueur qui s'écoule renferme un excès de chlorure de zinc. Celui-ci renfermant plus de chlore que le chlorure de potassium, l'analyse a dû donner un excès de chlore et conduire à un poids atomique trop faible.

La présence du chlorure de zinc en excès peut être prouvée et sa proportion déterminée, si l'on joint au dosage du chlore celui de l'oxyde de zinc obtenu en précipitant la solution du sel double par le carbonate de soude. On peut ainsi, à l'aide de ces deux données, calculer le véritable poids atomique du zinc [1].

[1] Soient k, z et c les proportions de potassium, de zinc et de

Voici, comme exemple, les données complètes de l'une des analyses faites ainsi :

Sel 2,615	Argent 3,905	= Chlore 1,3011	= 49,755 %
» 2,3285	Oxyde de zinc.........	0,6775	= 29,10

Le dosage du chlore seul, en supposant que le sel analysé ne fut formé que de chlorure double, conduirait au nombre 64,95 pour poids atomique du zinc, et exigerait 28,40 % d'oxyde de zinc au lieu de 29,10 trouvé par l'expérience. Or on sait que le dosage de l'oxyde de zinc, fait avec le plus grand soin, entraîne presque toujours une légère perte.

Si l'on combine les deux dosages du chlore et de l'oxyde de zinc, on trouve comme résultat de l'analyse :

Potassium...........	26,88 %
Zinc...............	23,37
Poids atomique du zinc	65,26

chlore contenues dans 100 parties de sel analysé, a le poids de l'oxyde de zinc également pour 100 parties, Z le poids atomique inconnu du zinc, 37,137 et 35,457 les poids atomiques du potassium et du chlore tels qu'ils résultent des classiques expériences de M. Stas. Les trois inconnues k, z et Z seront déterminées par les équations :

$$k + z + c = 100$$

$$z + z\frac{16}{Z} = a$$

$$k\,\frac{35,457}{39,137} + z\,\frac{70,914}{Z} = c$$

d'où l'on tire :

$$z = 16,9718 + a \times 0,83028 - c \times 0,35705$$

$$k = 100 - c - z \qquad\qquad Z = \frac{16\,z}{a - z}$$

et la composition du sel entraîné par la déliquescence s'établit ainsi :

Potassium	26,88	97,99 chlorure double.	
Zinc	22,41		
Chlore...	48,70		
Zinc	0,96	2,01 chlorure de zinc.	
Chlore...	1,05		

Ainsi le liquide qui s'écoule par la déliquescence renferme environ 98 % de chlorure double et 2 % de chlorure de zinc en excès. Il est probable d'ailleurs que sa composition varie avec la température. Celle-ci était voisine de 25° lorsque j'ai fait ces expériences.

Le dosage de l'oxyde de zinc n'étant pas susceptible d'une très grande précision, j'ai cru devoir répéter un grand nombre de fois ces analyses, et j'en donne ici les résultats en faisant remarquer que l'on ne doit calculer le poids atomique du zinc que sur les dosages effectués sur un même liquide provenant de la déliquescence, puisque les proportions relatives du chlorure double et du chlorure de zinc en excès peuvent varier, bien que dans d'étroites limites, suivant la température.

I. Sel 2,6785	Argent 4,0555	Chlore	1,3323 = 49,741 %		
» 4,001	Oxyde de zinc		1,1565 = 28,90		
d'où $k = 27,05$	$z = 23,21$		$Zn = 65,22$		
II. Sel 2,6865	Argent 4,0655	Chlore	1,3356 = 49,711	Moyenne	49,712
» 4,0230	» 6,0880	»	2,0000 = 49,714		
» 4,0170	Oxyde de zinc		1,1615 = 28,914		
d'où $k = 27,06$	$z = 23,23$		$Zn = 65,37$		
III. Sel 2,6755	Argent 4,0505	Chlore	1,3307 = 49,735	»	49,738
» 4,0225	» 6,0905	»	2,0008 = 49,741		
» 4,0265	Oxyde de zinc		1,1742 = 29,162	»	29,108
» 4,8350	»		1,4048 = 29,054		
d'où $k = 26,88$	$z = 23,38$		$Zn = 65,31$		

IV. Sel 2,6455	Argent 4,0055	Chlore 1,3159 = 49,740	} »	49,735
» 4,0455	» 6,1240	» 2,0118 = 49,731		
» 4,0925	Oxyde de zinc.......	1,1863 = 28,987	} »	28,981
» 4,0015	»	1,1595 = 28,976		
d'où $k = 26,99$	$z = 23,28$	$Zn = 65,28$		

En résumé l'application de cette méthode a donné pour le poids atomique du zinc :

	65,26
	65,22
	65,37
	65,31
	65,28
Moyenne	65,29

La probabilité est que ce nombre soit plutôt un peu trop faible, le dosage du zinc entraînant facilement une très légère perte.

En raison de l'incertitude qui peut résulter de cette cause d'erreur, j'ai cru devoir revenir à la préparation d'un chlorure double purifié par cristallisation. J'y ai consacré tous les liquides obtenus précédemment par la déliquescence spontanée de ce sel et dont une faible partie seulement avait servi aux analyses. J'étais assuré que ces solutions renfermaient précisément le faible excès de chlorure de zinc suffisant pour retenir en dissolution la totalité du chlorure de potassium, en sorte que les cristaux formés par leur concentration ne risquaient de renfermer aucune trace de ce sel à l'état libre. J'ai séparé successivement trois cristallisations obtenues par la concentration de ces liqueurs.

Les cristaux ont été écrasés et pressés entre des feuilles de papier à filtre pour les débarrasser autant que possible de l'eau mère qui les imprégnait, puis redissous

dans l'eau et filtrés pour séparer les fibrilles de papier, enfin leurs dissolutions évaporées, desséchées et analysées. Voici les résultats obtenus :

I.	Sel 4,2935	Argent 6,4940	Chlore 2,1334	= 49,690 %	49,699
	» 3,6498	» 5,5225	» 1,8142	= 49,708	
	» 2,8440	Oxyde de zinc.........	0,8115	= 28,534	
II.	» 4,5470	Argent 6,8765	Chlore 2,2590	= 49,682	49,678
	» 4,1975	» 6,3470	» 2,0851	= 49,675	
	» 3,3230	Oxyde de zinc.........	0,9445	= 28,423	
III.	» 3,7430	Argent 5,6615	Chlore 1,8599	= 49,690	
	» 3,7720	Oxyde de zinc.........	1,0805	= 28,64	

Le poids atomique du zinc, calculé d'après les dosages du chlore seul, est pour les trois produits :

65,28
65,39
65,32
Moyenne 65,33

Ici encore il y aurait plutôt à craindre que ce nombre ne fût un peu trop faible, car il est impossible que les cristaux analysés ne retinssent pas quelques traces de l'eau mère plus riche en chlorure de zinc dans laquelle ils s'étaient formés.

Je crois cependant que l'on peut accepter ce chiffre comme représentant avec une assez grande approximation le poids atomique du zinc.

L'exactitude de cette conclusion repose entièrement sur le fait que le chlorure double de zinc et de potassium ne perd aucune trace de chlore par l'évaporation et la dessiccation de sa dissolution. Ce fait paraît suffisamment établi par cette observation que le courant d'air qui a déterminé cette dessiccation traverse, sans la troubler, une

solution d'azotate d'argent. Cependant, comme cette circulation d'air a toujours été assez rapide, j'ai tenu à fournir une autre preuve de l'absence de perte de chlore, par une expérience faite sur la dernière des liqueurs obtenues par déliquescence.

Trois dosages du chlore ont été faits sur cette même solution. Pour deux d'entre eux j'ai procédé comme d'habitude en pesant successivement la solution employée, le sel provenant de son évaporation et de sa dessiccation à haute température et l'argent nécessaire pour la précipitation du chlore. Les résultats en sont indiqués plus haut, rapportés seulement au poids du sel sec. Je les reproduis ici avec le poids de la solution employée. Le troisième dosage a été fait directement sur un poids déterminé de cette même solution, mais sans la soumettre à l'évaporation.

J'ai obtenu ainsi :

Solution	3,5555	Argent	4,0055	Chlore	1,3159 = 37,010 %
»	5,4355	»	6,1240	»	2,0118 = 37,012
»	5,3115	»	5,9845	»	1,9660 = 37,014

Les différences rentrent entièrement dans l'ordre des erreurs de pesée, et l'on peut en conclure qu'il n'y a aucune déperdition de chlore.

MAGNÉSIUM

Il est bien singulier qu'il règne encore une si grande incertitude sur le poids atomique d'un métal si répandu, si employé, et dont l'oxyde ne paraît pas offrir des difficul-

tés particulières pour sa purification. Et cependant les chimistes hésitent entre les nombres 24 et 24,5 différant entre eux de plus de 2 %. La plupart des chimistes ont adopté le nombre 24 résultant uniquement des expériences de MM. Marchand et Scheerer, quelques-uns cependant préfèrent le nombre 24,5 qui s'accorde mieux avec toutes les autres déterminations.

Vu l'importance de ce sujet, il me semble convenable de passer en revue et de soumettre à un examen critique les divers travaux faits sur cette question, en laissant cependant de côté quelques expériences trop anciennes pour qu'on puisse y attacher beaucoup de confiance.

La détermination du poids atomique du magnésium a été faite par les méthodes suivantes :

1° Analyse du sulfate, soit par la précipitation au moyen du chlorure de baryum, soit par synthèse directe au moyen de la magnésie pure et de l'acide sulfurique, soit par la décomposition du sulfate par la calcination.

2° Conversion de l'oxalate en oxyde par la calcination.

3° Dosage du chlore dans le chlorure de magnésium.

4° Décomposition du carbonate par la calcination.

M. Th. Scheerer [1] et M. Jacquelain [2] ont employé la précipitation du sulfate de magnésie par le chlorure de baryum. Il résulte des expériences du premier que 100 p. de sulfate de magnésie produisent 193,662 de sulfate de baryte, ce qui, avec les poids atomiques actuellement admis pour le soufre et le baryum ($S=32,06$, $Ba=137,10$) donnerait pour le poids atomique du magnésium 24,25.

[1] *Poggend. Annalen*, 69, 535.

[2] *Annales de Chimie et de Physique* (3) 32, 202.

D'après M. Jacquelain 100 de sulfate de magnésie produisent 193,858 de sulfate de baryte, d'où Mg=24,21.

Mais on sait maintenant que cette méthode ne peut pas donner des résultats très exacts, le sulfate de baryte entraînant toujours avec lui une partie de l'oxyde en présence duquel il s'est formé. M. Scheerer l'a lui-même reconnu[1] et a cherché à corriger en conséquence les résultats directs de ses observations. Mais le principe de cette correction est absolument incertain, car on ignore à quel état la magnésie a été entraînée par le sulfate de baryte. A l'état de chlorure, lequel aura été en grande partie converti en oxyde par la calcination, elle donne lieu à une augmentation du poids du sulfate de baryte et par suite à une diminution du poids atomique du magnésium. Mais si elle a été entraînée à l'état de sulfate, on a dû obtenir un poids atomique trop élevé.

Le poids atomique obtenu par cette méthode ne peut donc pas être pris en sérieuse considération.

La synthèse directe du sulfate de magnésie, au moyen de la magnésie pure et de l'acide sulfurique, a été faite plusieurs fois.

MM. Svanberg et Nordenfeldt[2] ont fait trois expériences, au moyen de la magnésie préparée par une forte calcination de l'oxalate pur, et trouvé que 100 de magnésie produisent 296,68 de sulfate, d'où Mg=24,70.

M. Bahr[3] a obtenu, pour moyenne de trois expériences, 296,20 de sulfate pour 100 de magnésie, d'où Mg=24,80.

[1] *Poggend. Annalen* 70, 407.
[2] *Journal für prakt. Chemie*, 45, 473.
[3] Id. 56, 310.

M. Jacquelain[1] a obtenu 297,97 de sulfate d'où Mg=24,48.

Dans le mémoire où MM. Marchand et Scheerer[2] décrivent leurs expériences sur la décomposition du carbonate de magnésie, qui les conduisent à adopter le nombre 24, ils élèvent contre la méthode précédente deux objections. Suivant eux, l'évaporation de l'acide sulfurique en excès peut entraîner de la magnésie. Comme ils n'indiquent aucune expérience à l'appui de cette opinion, on ne peut la considérer que comme une hypothèse formellement contredite par l'observation de M. Jacquelain qui a obtenu par la synthèse un poids de sulfate exactement égal à celui qu'il avait employé pour en retirer la magnésie par une forte calcination. Mes propres expériences, comme on le verra plus loin, montrent aussi que cette cause d'erreur, si elle existe, est à peu près négligeable.

L'autre objection est que la magnésie, obtenue par la décomposition du carbonate ou de l'oxalate, retient toujours un peu d'acide carbonique même après la calcination la plus énergique. J'aurai à revenir sur ce point. Mais admettons comme exacte la conclusion qu'ils tirent de leurs expériences; il ne faut pas en exagérer l'importance. On voit en effet que, dans toutes leurs expériences, la quantité d'acide carbonique demeurée dans la magnésie après une forte calcination a été inférieure à un millième. Une seule fois elle a atteint 1,72 p. 1000, mais dans un essai où ils s'étaient bornés à chauffer le carbonate sur une simple lampe à alcool à double courant

[1] *Loco citato.*

[2] *Journal für prakt. Chemie*, 50, 385.

(lampe Berzelius). Supposons que MM. Svanberg et Nordenfeldt se soient bornés à une calcination aussi modérée et que leur magnésie, par conséquent, ait retenu 1,72 pour 1000 d'acide carbonique, si l'on corrige leurs expériences d'après cette supposition on trouvera que dans leurs trois essais ils ont employé 5g,4660 de magnésie au lieu de 5,4754 pour obtenir 16,2444 de sulfate, soit 297,19 % et que le poids atomique du magnésium serait 24,60 au lieu de 24,70.

L'analyse du sulfate de magnésie par une forte calcination, qui le transforme en magnésie pure, n'a été faite que par M. Jacquelain, en une seule expérience qui lui a donné un résultat identique à celui obtenu par la synthèse, donc Mg=24,48.

La détermination du poids atomique du magnésium par l'oxalate est due à MM. Svanberg et Nordenfeldt[1], ces savants ont constaté que cet oxalate, séché à 100 ou 105°, retient une proportion d'eau invariable correspondant à deux molécules. Ils ont donc déterminé par quatre expériences bien concordantes la perte de poids que subit cet oxalate par la calcination qui le convertit en magnésie. Il en résulte pour le poids atomique du magnésium le nombre 24,69. Si l'on suppose que la calcination a été insuffisante, comme l'admettent MM. Marchand et Scheerer, pour chasser tout l'acide carbonique et qu'il en soit resté autant que dans leur expérience faite sur la simple lampe Berzelius, on trouve que ce poids se réduit à 24,59.

Je n'attache pas, pour ce qui me concerne, une grande importance à cette détermination. De nombreux exemples

[1] *Loco citato.*

en effet pourraient être invoqués pour établir que la dessiccation d'un sel hydraté à une température déterminée peut très bien amener une composition parfaitement constante, sans qu'elle réponde nécessairement à une formule déterminée.

M. Dumas[1] a fait onze expériences sur la précipitation du chlorure de magnésium par l'argent. Mais il conclut lui-même de ses recherches que la préparation d'un chlorure de magnésium pur présente de telles difficultés qu'il est impossible d'obtenir ainsi un résultat inspirant toute confiance. Disons cependant que les nombres obtenus pour le poids atomique du magnésium ont varié de 24,38 à 24,94 en moyenne 24,60.

Toutes ces méthodes, comme on le voit, ont donné des nombres bien supérieurs à 24, dépassant même pour la plupart 24,5. Nous arrivons enfin au travail le plus étendu et le plus laborieux sur ce sujet, au mémoire de MM. Marchand et Scheerer[2], dans lequel ils décrivent leurs nombreuses expériences sur la composition du carbonate de magnésie d'où ils concluent que le poids atomique du magnésium est 24. Ce travail inspire la plus grande confiance soit par le nombre des expériences, soit par le poids considérable des matières employées, soit par les précautions de toutes sortes décrites par les auteurs. Aussi n'est-il pas étonnant que la plupart des chimistes en aient admis les résultats quelque différents qu'ils soient de ceux obtenus par tous les autres procédés. Cependant il m'est impossible de ne pas voir une cause grave d'incertitude dans le fait qu'ils ont employé dans

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, (3) 55, 189.
[2] *Journal für prakt. Chemie*, 50, 385.

tous leurs essais le carbonate de magnésie naturel, tantôt le carbonate cristallisé et assez transparent de Snarum, tantôt le carbonate compacte et opaque de Frankenstein, et c'est ce dernier qui leur donne les résultats auxquels ils attachent le plus de confiance.

Sans doute ils ont analysé ces minéraux et tenu compte des très petites quantités de matières étrangères dont la présence était indiquée par leurs analyses. Mais on sait combien peu on doit compter sur l'emploi des méthodes analytiques lorsqu'il s'agit de rechercher de très petites quantités de matières disséminées dans une grande masse d'un corps étranger. Nous en avons du reste la preuve dans les expériences mêmes de MM. Marchand et Scheerer. Ils avaient cru constater que leur carbonate de magnésie ne renfermait pas de chaux. Neuf ans plus tard [1], M. Scheerer avait l'occasion de constater que la méthode employée pour précipiter la chaux en présence de la magnésie par l'oxalate d'ammoniaque, et que l'on avait toujours considérée comme parfaitement exacte, était incapable de déceler la présence de la chaux dans un grand excès de magnésie et que l'on pouvait constater la présence de cette base dans le carbonate employé dans leurs anciennes expériences en précipitant les sulfates par l'alcool. Un fait analogue n'a-t-il pas pu se présenter pour d'autres corps. Les auteurs assurent qu'ils n'ont point trouvé d'alcalis dans les minéraux qu'ils ont analysés; mais la recherche des alcalis dans une grande masse de magnésie est certainement plus difficile encore que celle de la chaux, ils peuvent donc bien leur avoir aussi échappé. Il est vrai qu'ils ajoutent aussi que leur pré-

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie,* 110, 236.

sence, si on la suppose, aurait donné lieu à une élévation du poids atomique du magnésium. Il y a là une erreur évidente. Cet argument serait vrai si les carbonates alcalins étaient absolument fixes, ce qui n'est point le cas. A la température très élevée qu'ont employée MM. Marchand et Scheerer, ces carbonates ont dû se volatiliser au moins en grande partie, de cette perte a dû résulter un poids atomique trop faible. On peut même remarquer que la supposition de cette présence de carbonates alcalins expliquerait les faits assez singuliers observés par ces savants. Il semble étrange en effet que la calcination la plus énergique ne parvienne pas à décomposer complètement le carbonate de magnésie dont l'acide commence déjà à être expulsé à 170° d'après MM. Marchand et Scheerer, tandis qu'elle suffit pour la décomposition complète du sulfate qui commence à peine à s'altérer à la chaleur rouge.

Enfin est-il bien certain que le carbonate de magnésie naturel, qui s'est formé probablement dans des eaux chargées d'acide carbonique sous une forte pression ne renferme point de bicarbonates ?

J'aurais voulu m'assurer que les objections précédentes ne reposent pas sur de pures hypothèses, et constater comment se comporte, sous l'influence de la calcination, un carbonate de magnésie parfaitement pur. J'avais préparé ce sel dans ce but en faisant dissoudre dans l'eau, au moyen d'un courant de gaz acide carbonique, et précipitant ensuite le carbonate par l'action d'une chaleur modérée, de la magnésie pure obtenue par la calcination du sulfate dans les expériences que je décrirai plus loin. Mes essais ne m'ont pas donné un résultat tout à fait satisfaisant, n'ayant pas réussi à me mettre complètement à

l'abri des variations de poids du creuset de platine employé dans ces longues calcinations[1].

Voici en effet les résultats obtenus dans trois expériences. J'indique :

1° Le poids de la magnésie obtenue par une simple calcination d'une heure sur un bec Bunsen ordinaire, le creuset étant maintenu assez haut pour éviter la carburation, la température par conséquent étant assez peu élevée.

[1] La perte de poids que présente souvent un creuset de platine après une calcination un peu prolongée, n'est nullement en rapport avec la température à laquelle il a été porté. Elle dépend essentiellement de l'état de poli plus ou moins parfait de sa surface et de la nature plus ou moins oxydante de la flamme à laquelle il est exposé. Si le creuset est neuf ou si l'on a eu le soin de le repolir avec un brunissoir ou en le frottant avec un liège et du sable rond (sable de mer), comme l'a recommandé Berzélius, si de plus la flamme est toujours et dès le début fortement oxydante, la perte de poids est souvent nulle ou en tout cas presque insignifiante, quelque énergique qu'ait été la calcination. Elle est au contraire très notable si la surface est altérée et si la flamme est carburante, même sans l'être au point de donner lieu à un dépôt de noir de fumée. Cette perte peut même dans ce cas atteindre une proportion extraordinaire. Je citerai comme exemple une première expérience que j'ai faite sur le carbonate de magnésie dans le but de rechercher si j'arriverais à un poids constant par la simple calcination sur un bec Bunsen ordinaire. Les pesées se faisaient toutes les deux heures. Au bout de la cinquième j'ai dû y renoncer, observant non seulement chaque fois une perte nouvelle, mais encore que ces pertes allaient en augmentant dans chaque nouvelle calcination. Ayant repesé le creuset après l'avoir lavé avec de l'acide chlorhydrique, j'ai constaté qu'il avait perdu 37 milligrammes dans ces dix heures, le poids du creuset étant d'environ 20 grammes. J'avais remarqué à plusieurs reprises comme des étincelles jaillissant de la surface. Le même creuset ayant été repoli au brunissoir m'a servi ensuite à une analyse du sulfate de magnésie par la calcination à la haute température du chalumeau à gaz, mais en ayant soin d'avoir, dès le commencement, une flamme très oxydante, et n'a offert après cette opération aucune variation de poids.

2° La perte de poids subie dans une seconde calcination d'une heure sur une lampe à gaz, formée de trois becs Bunsen dont les flammes se réunissent dans une fente circulaire, avec un jet d'air central alimenté par une trompe. Cette lampe atteint la température de fusion de l'argent.

3° La perte résultant d'une troisième calcination au chalumeau à gaz dans le four de MM. Forquignon et Leclerc qui n'est autre chose que le chalumeau de Schlœsing renversé, la flamme arrivant par-dessous le creuset. La température y est assez élevée pour qu'on ne puisse prolonger l'opération plus de dix minutes sans danger de fusion pour le triangle en fil de platine assez épais qui supporte le creuset. Mais j'ai toujours répété la calcination une seconde fois pour constater qu'il n'y avait plus de nouvelle perte.

4° La perte de poids du creuset à la suite de ces trois calcinations.

Magnésie calcinée, bec Bunsen............	1,5430	1,6990	1,8795
Perte de poids par la 2me calcination.......	0,0028	0,0006	0,0005
Id. par la 3me »	0,0000	0,0004	0,0006
Id. du creuset...............	0,0003	0,0013	0,0001

Comme on ne peut pas prendre le poids du creuset dans l'intervalle des trois calcinations, il reste incertain si la perte qu'il a subie s'est produite dans l'une plutôt que dans l'autre de ces opérations, mais il résulte en tout cas de ces chiffres que lorsque le carbonate de magnésie a été calciné à une température d'environ 1000°, il n'éprouve plus par une calcination ultérieure la plus énergique possible qu'une perte nulle ou insignifiante.

En revanche j'ai pu constater que si l'on ajoute 5 %

de son poids de carbonate de soude à de la magnésie amenée à un poids invariable par la calcination du sulfate, il suffit de deux calcinations de dix minutes au chalumeau à gaz, pour la ramener exactement à son poids primitif, tout le carbonate alcalin étant volatilisé.

Je passe maintenant à l'exposition de mes propres expériences.

De toutes les méthodes employées pour la détermination du poids atomique du magnésium, celle qui me paraît présenter le moins de causes d'erreur est celle qui repose sur la composition du sulfate, en raison surtout de l'avantage que l'on a de pouvoir l'établir soit par la synthèse directe, soit par l'analyse au moyen d'une simple calcination. J'ai d'ailleurs cherché à lier cette recherche à celles des différences que pourraient présenter les produits successifs de la décomposition de l'azotate de magnésie par la chaleur. Mais je signalerai d'abord lès conditions auxquelles il faut s'astreindre pour obtenir des résultats satisfaisants dans ces expériences.

Pour procéder à la synthèse du sulfate, que la magnésie ait été obtenue par la calcination du carbonate, de l'azotate ou du sulfate, la première condition est de la soumettre à la calcination la plus énergique au moyen du chalumeau à gaz et de constater que son poids est devenu constant. Cette précaution est particulièrement nécessaire pour la magnésie provenant de l'azotate, qui ne perd les dernières traces de composés nitreux qu'après la calcination la plus forte et assez prolongée. J'avais cru d'abord que la perte de poids constatée dans ces dernières calcinations devait tenir à la présence de quelques traces de sulfate, mais j'ai dû reconnaître qu'il n'en était point ainsi. Si l'on essaie en effet de dissoudre la magnésie, provenant de la

décomposition de l'azotate, dans l'acide chlorhydrique en présence d'iodure de potassium et d'amidon, on observe une coloration bleue qui ne cesse de se produire que lorsque le poids est devenu constant à la suite de la plus forte calcination.

Il en résulte en outre cet avantage que, si la magnésie avait renfermé des alcalis, ils seraient complètement volatilisés, et que la magnésie elle même, ayant perdu son hygrométricité, peut-être pesée beaucoup plus facilement.

En revanche, il est vrai, sa dissolution par l'acide sulfurique étendu est rendue très lente. C'est là la partie longue et délicate de l'opération. Il faut éviter une action trop vive qui donnerait lieu au dégagement brusque des bulles d'air contenues dans les pores de la magnésie, risquant d'entraîner des gouttelettes de la dissolution. D'un autre côté l'action à froid est à peu près nulle. Il faut donc chauffer à une température voisine de l'ébullition sans cependant jamais atteindre celle-ci.

La dissolution étant opérée, on évapore à siccité et l'on chasse l'acide sulfurique en excès en opérant comme je l'ai dit dans un article précédent[1] à propos de l'application de cette méthode à la détermination des poids atomiques du bismuth et du manganèse. On doit remarquer seulement que, dans ce cas, l'expulsion de l'acide sulfurique exige une chaleur bien plus élevée et plus prolongée pour être complète et pour que le poids du sulfate devienne constant. Il faut pour cela atteindre la température du rouge naissant ; il ne faudrait pas cependant la dépasser, le sulfate de magnésie ne résiste pas en effet

[1] *Archives*, juillet 1883.

aussi complètement qu'on le croit généralement à une chaleur rouge un peu prononcée.

Il est facile de s'assurer que l'on a atteint une température suffisante, en effet, la plus petite quantité d'acide en excès se reconnaît aisément par la réaction acide de la dissolution du sulfate de magnésie. Mais si la calcination avait été trop forte on n'en serait pas averti par la production d'un résidu insoluble lorsqu'on essaierait de redissoudre le sulfate; celui-ci peut en effet tenir en dissolution un petit excès de base. Toutefois la liqueur présenterait dans ce cas une réaction alcaline.

La décomposition du sulfate de magnésie par la calcination est une opération beaucoup plus rapide et plus facile. La dessiccation du sel est complète, et son poids devient invariable longtemps avant que l'on atteigne la chaleur rouge sombre que le sulfate lui-même supporte sans inconvénient. D'ailleurs une calcination de dix minutes au chalumeau à gaz suffit pour en opérer la complète décomposition, en sorte qu'une seconde opération semblable ne détermine aucune nouvelle perte de poids; d'ailleurs le produit dissous par l'acide chlorhydrique ne donne lieu à aucun trouble par l'addition de chlorure de baryum.

Mais il ne faudrait pas opérer avec une telle rapidité pour obtenir le poids exact de la magnésie. En effet, par une application trop brusque d'une forte chaleur, le sulfate de magnésie fond et se décompose en bouillonnant, en sorte qu'une perte est inévitable. Mais si l'on chauffe graduellement, en commençant par exposer le creuset pendant une heure ou deux sur la flamme d'une lampe à gaz alimentée par le courant d'une trompe, on n'a à craindre aucune fusion et aucune projection.

Naturellement on doit s'assurer, après l'opération, que le creuset n'a pas subi lui-même de perte de poids, et au besoin en tenir compte. Mais en opérant comme je l'ai fait, avec une flamme toujours oxydante, cette perte est le plus souvent nulle.

Une première série de synthèses a été faite avec de la magnésie préparée de la manière suivante :

J'ai pris la magnésie calcinée pure des fabriques de produits chimiques et l'ai soumise à des lavages prolongés, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne produisît plus aucun trouble par l'addition du chlorure de baryum, puis je l'ai dissoute par l'acide azotique pur à l'ébullition en ayant soin d'arrêter l'addition d'acide lorsqu'il restait encore une petite quantité de magnésie qu'on a séparée par filtration. Elle contenait passablement de silice et quelques traces d'oxyde de fer. La dissolution a été saturée d'acide sulfhydrique, qui n'a produit ni trouble ni coloration. L'addition d'ammoniaque par petites portions a donné lieu à un précipité qui se redissout complètement jusqu'à ce que l'excès d'acide sulfhydrique soit saturé ; on en a encore ajouté un peu pour donner un faible précipité de magnésie qui était à peine colorée en gris par une trace de sulfure de fer. On a filtré et ajouté un peu d'oxalate d'ammoniaque qui n'a produit, même après vingt-quatre heures, aucun précipité d'oxalate de chaux, ce qui, il est vrai, d'après les expériences de Th. Scheerer, ne prouve pas l'absence complète de cette base. Le sulfhydrate d'ammoniaque a été chassé par l'ébullition, la liqueur a été filtrée de nouveau pour séparer un peu de soufre, acidulée par l'acide azotique pour détruire la petite quantité d'acide oxalique ajoutée, puis soumise à une série d'évaporations et de décompositions partielles de l'azotate par la chaleur, de manière à partager toute

la masse en six produits successifs qui ont été chacun soumis à des lavages prolongés. Un dernier produit a été obtenu par une dernière décomposition du sel resté le dernier en dissolution, mais on a dû le rejeter, ayant reconnu qu'il renfermait une notable proportion de chaux. Celle-ci, en effet, base beaucoup plus énergique que la magnésie, avait dû se concentrer en entier dans cette dernière portion.

Un échantillon de chacun de ces produits a été converti en sulfate en suivant les précautions que j'ai indiquées plus haut, et j'ai obtenu ainsi pour cent parties de magnésie les poids suivants de sulfate :

298,10
297,76
297,83
298,29
297,90
298,32

Je donne ces résultats sans autre détail, me bornant à en conclure que la décomposition fractionnée de l'azotate de magnésie par la chaleur donne une série de produits dans lesquels on n'observe aucune variation systématique et progressive du poids atomique, en sorte qu'il n'y a pas lieu de supposer que la magnésie se scinde par ce procédé en corps différents les uns des autres.

Mais ces nombres ne sont pas assez exacts pour servir à la détermination du poids atomique du magnésium. En effet, ayant opéré sur une assez grande quantité de matière, j'ai dû me servir d'une grande capsule de porcelaine pour ces évaporations et décompositions, et il en est résulté une altération sensible de la pureté de la magnésie. Ainsi j'ai pu constater dans tous les cas, en redissolvant le sulfate dans l'eau, la présence d'un peu de silice. J'en ai tenu

compte en déduisant son poids de ceux de la magnésie et du sulfate, mais on peut craindre que d'autres impuretés n'aient été produites par la même cause.

En conséquence j'ai repris la magnésie provenant des expériences précédentes, je l'ai redissoute dans l'acide azotique en en laissant une petite partie non dissoute et j'ai séparé, par filtration, ce résidu contenant en outre la silice et peut-être de l'alumine. Enfin la liqueur a été soumise aux évaporations et décompositions partielles dans une capsule de platine. De ce traitement sont résultés cinq produits successifs dont la transformation en sulfate a donné les résultats rapportés ci-après sous les n[os] 1-5.

Trois autres essais (6, 7, 8) ont été faits avec de la magnésie provenant de la calcination du sulfate, obtenue dans les expériences décrites plus loin sur la décomposition de ce sel par la chaleur.

Deux autres enfin (9, 10) ont porté sur la magnésie provenant d'une forte calcination du carbonate. Ce carbonate avait été lui-même préparé en dissolvant dans l'eau par un courant d'acide carbonique, et précipitant par la chaleur, une partie de celle qui avait été obtenue par la calcination du sulfate.

Voici les résultats de ces dix expériences :

		Magnésie.	Sulfate.	P. 100.	Poids atomique.
1	De l'azotate...	1,5635	4,6620	298,17	24,40
2	»	1,4087	4,2025	298,32	24,37
3	»	1,5917	4,7480	298,30	24,37
4	»	1,4705	4,3855	298,23	24,39
5	»	1,4778	4,4060	298,15	24,40
6	Du sulfate	1,6267	4,8530	298,33	24,37
7	»	1,3654	4,0740	298,37	24,36
8	»	1,9575	5,8390	298,29	24,37
9	Du carbonate..	1,6965	5,0600	298,26	24,38
10	»	1,8680	5,5715	298,26	24,38
			Moyenne	298,27	24,38

Pour déterminer le poids atomique du magnésium par la décomposition du sulfate, je suis parti d'un sulfate de magnésie pur fourni par la fabrique L. Marquart de Bonn. J'ai constaté que sa dissolution n'était ni troublée ni colorée par le sulfhydrate d'ammoniaque. Je n'avais donc à craindre la présence d'aucun sulfate métallique isomorphe avec celui de magnésie. Dans de telles circonstances on peut compter sur des cristallisations répétées comme donnant un moyen facile d'obtenir un sel parfaitement pur.

Une première série de déterminations (1-6) a été faite sur les produits de quatre cristallisations successives.

Dans la crainte de la présence de la chaux que l'oxalate d'ammoniaque est impuissant à manifester, j'ai fait une seconde série d'expériences (7-12) sur les produits obtenus en précipitant une dissolution de sulfate par des additions successives d'alcool. D'après les observations de M. Th. Scheerer, la plus faible quantité de chaux est entraînée en totalité dans le premier précipité.

Enfin une dernière expérience (13) a porté sur un sulfate que j'ai fait cristalliser à dessein dans une dissolution rendue faiblement acide par l'addition d'une très petite quantité d'acide sulfurique; il avait été lavé d'abord avec très peu d'eau, puis avec de l'eau à laquelle j'ajoutais des quantités croissantes d'alcool.

Cet essai avait pour but de répondre à une objection qui aurait pu à la rigueur être soulevée. Le sulfate de magnésie peut dissoudre une petite quantité de magnésie en excès. On pourrait supposer que le sel que j'ai employé renfermait dès le principe cet excès de base. Il est peu probable dans ce cas que cette proportion de base en excès se fût maintenue la même dans toutes les

cristallisations successives, néanmoins j'ai trouvé convenable d'aller au-devant de cette objection.

Voici les résultats de ces déterminations :

		Sulfate.	Magnésie.	Sulfate p. 100.	Poids atomique.
1	1re cristallisation.........	3,7705	1,2642	298,25	24,38
2	»	4,7396	1,5884	298,39	24,35
3	2me »	3,3830	1,1345	298,19	24,39
4	»	4,7154	1,5806	298,33	24,37
5	3me »	4,5662	1,5302	298,43	24,35
6	4me »	4,5640	1,5300	298,30	24,37
7	1er précipité par l'alcool...	3,2733	1,0979	298,14	24,41
8	2me »	4,8856	1,6378	298,30	24,37
9	3me »	5,0092	1,6792	298,31	24,37
10	4me »	5,3396	1,7898	298,33	24,37
11	5me »	5,1775	1,7352	298,38	24,36
12	6me »	5,0126	1,6807	298,24	24,38
13	cristallisé dans liqueur acide	5,0398	1,6894	298,32	24,37

L'expérience 7 doit évidemment être rejetée, la présence de la chaux se manifeste par l'élévation du poids atomique dans ce premier produit précipité par l'alcool.

La moyenne des douze autres déterminations donne 298,314 de sulfate pour 100 de magnésie et 24,37 pour le poids atomique du magnésium. L'accord de ces résultats avec ceux obtenus par la synthèse du sulfate me fait considérer ce chiffre comme méritant confiance.

J'aurais voulu pouvoir contrôler ce résultat par quelque autre méthode, et j'ai tenté de le faire par l'analyse du chlorure double de magnésium et de potassium, de même que j'avais employé le chlorure double de zinc et de potassium pour déterminer le poids atomique du zinc. Mais j'ai dû y renoncer.

Le chlorure double de magnésium et de potassium ne peut être obtenu en cristaux que dans une dissolution

renfermant un très grand excès de chlorure de magnésium. Lorsque ses cristaux réunis dans un entonnoir sont abandonnés à la déliquescence à une température de 25 à 30° la liqueur qui s'écoule renferme dans 100 parties:

Chlorure de potassium...........	3,50
Chlorure de magnésium..........	26,75

ou :

Chlorure double $Mg\,Cl^2 + K\,Cl$..	7,97
Chlorure de magnésium en excès..	22,28

Il faut donc que le chlorure double soit accompagné d'un poids, à peu près trois fois plus grand que le sien, de chlorure de magnésium en excès, pour que ses cristaux ne risquent pas d'être mélangés de cristaux de chlorure de potassium. On conçoit que des cristaux formés dans de telles conditions, et qui ne peuvent être lavés sans se décomposer, n'offriraient aucune garantie de pureté. J'ai d'ailleurs constaté qu'on ne peut les dessécher sans qu'il se produise un dégagement d'acide chlorhydrique, peut-être dû, il est vrai, à la présence du chlorure de magnésium libre.

ESSAI

D'UNE

PROTISTOLOGIE DE LA SARDAIGNE

AVEC LA DESCRIPTION DE QUELQUES

PROTISTES NOUVEAUX OU PEU CONNUS

PAR

M. le prof. Corrado PARONA

La protistologie, c'est-à-dire l'étude des organismes inférieurs, que Hæckel a désignés sous le nom collectif de *Protistes,* a fait dans ces derniers temps de remarquables progrès en Italie comme ailleurs, et il est à espérer que nous ne sommes pas éloignés du moment où l'on pourra posséder les matériaux suffisants pour une *Histoire des Protistes d'Italie.*

On trouve néanmoins certaines régions d'Italie où ces recherches sont négligées; et, sans les indiquer spécialement, je dirai seulement que la Sardaigne est précisément une de celles-ci, et que j'ai été très heureux de me trouver dans le cas d'y porter toute mon attention sur ce sujet.

Je ne puis pas parler ici de l'intérêt que présente la Sardaigne sous le point de vue de sa faune et de sa flore, principalement en considérant sa place dans le milieu de la Méditerranée, avec ses animaux et ses plantes particuliers et toujours très intéressants. Je renvoie pour cela le lecteur à l'ouvrage bien connu d'Albert de la Marmora et aux travaux de divers savants, plus particulièrement à celui de M. G. Moris (*Stirpium Sardoarum Elenchus*) et à celui de M. A. Piccone (*Florula algologica della Sardegna*), où on trouvera des indications très importantes sur l'hydrographie, sur la stratigraphie et sur les principales eaux minérales et thermales ; toutes conditions de haute importance dans l'étude des microrganismes.

A l'exception de quelques indications données par les auteurs que je viens de citer, il m'a été impossible de rien trouver sur le sujet traité dans la présente note ; aussi, pouvons-nous dire que nous avons devant nous un champ presque inexploré.

Mes observations ont été faites dans les conditions les plus variées. Elles ont en effet porté sur les eaux douces et sur les eaux marines. Celles qui sont relatives à ces dernières ont été faites sur de nombreux échantillons du port de Cagliari, de la digue et de l'étang situé entre cette même digue et le rocher S. Elia; j'en ai recueilli, en outre, à l'embouchure du grand étang de Cagliari. J'ai dirigé mon attention sur les eaux des salines de la Scaffa, à l'ouest de la ville de Cagliari, et sur celles des célèbres et grandioses salines de Quarto-S. Elena. J'ai exploré la surface des eaux et le fond de la mer, enfin je me suis procuré de l'eau des salines et de la mer de Carloforte.

J'ai pu observer des eaux douces de différents lieux : ainsi, les eaux potables de la ville de Cagliari ; celles des mines de Rosas, Monteponi, Montenuovo ; j'ai examiné des eaux des environs du mont Gennargentu (Fonni, à 999 mètres d'altitude ; Aritzo, à 721 mètres). D'autres échantillons d'eaux provenaient d'Oristano, de Tempio, d'Oschiri (Riu Coghinas), etc. J'ai fait plusieurs examens des eaux du jardin botanique de Cagliari, de celles du rocher S. Elia, au sud-ouest de Cagliari, des grottes, naturelles ou artificielles, creusées dans le calcaire des environs de cette ville, de l'amphithéâtre romain, tout près du jardin botanique, etc. [1].

Quoique mes recherches soient commencées depuis peu de temps, le résultat en est néanmoins déjà très satisfaisant. Plusieurs des formes trouvées appartiennent aux pluscommunes et aux plus répandues ; d'autres sont plus rares et n'étaient pas encore indiquées dans la série des protistes italiens ; d'autres enfin paraissent être tout à fait nouvelles.

Conformément à ce j'ai dit dans ma première Note [2] sur les protistes de la Sardaigne je ferai connaître, avant tout, les formes nouvelles et celles peu connues, qui sont, je le crois, fort intéressantes pour la morphologie des protistes.

[1] Plusieurs autres localités ont été explorées par M. Piccone au point de vue des Diatomées (*Nuovo giornale botanico italiano*, vol. X, luglio 1878).

[2] Dr Corrado Parona, I Protisti della Sardegna (1a centuria), *Bollettino scientifico dell' Università di Pavia* ; 4me année, n° 2, agosto, 1881.

AMŒBA DIGITATA, n. s.

(Pl. II fig. 1 *a*, *b*, *c*, *d*.)

Corps transparent, incolore. L'endoplasme très granuleux; les granules en mouvement rapide et continu; nucleus arrondi et très visible; vésicule contractile grande, également bien visible. Exoplasme sans structure; pseudopodes longs, coniques et aigus; toujours en petit nombre (5, 6).

Le principal caractère qui distingue cette forme se trouve dans les pseudopodes qui se meuvent assez lentement et partent constamment d'un seul côté de la masse protoplasmatique, que l'on pourrait appeler partie antérieure en considérant la direction suivie par l'organisme dans son mouvement.

Cette amibe, qui se présente ordinairement sous sa forme allongée, se meut toujours avec la partie où les pseudopodes se forment et se contractent; ceux-ci se trouvent donc seulement dans la partie antérieure, tandis que l'autre, la postérieure est généralement arrondie.

J'ai trouvé cette forme dans l'eau douce du jardin botanique de Cagliari : juillet 1881.

Elle présente quelques rapports avec la figure de l'*Amœba brachiata*, Duj. donnée par Fromentel (*Études sur les Microzoaires*, etc., Pl. XXIX, fig. 4), mais ne ressemble pas du tout à celle de Dujardin (*Hist. nat. des Infusoires*, Pl. IV, fig. 4).

AMŒBA VELATA, n. sp.

(Pl. II, fig. 2, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.)

Corps transparent, incolore. Endoplasme peu granu-

leux, avec nucleus très visible et arrondi; vésicules contractiles, grandes et bien distinctes. Exoplasme sans structure; pseudopodes lamelliformes très minces, arrondis sur les bords et faits à la manière d'un voile, dans lequel on remarque en formation d'autres pseudopodes plus petits et mamelonnés (fig. 2, *a, b, d,* a).

Les granulations de l'endoplasme se meuvent très vite dans l'intérieur de la masse; et rapides aussi sont les mouvements de toute l'amibe.

Ce protiste vit dans les eaux douces d'embrocation dans une galerie des mines de Fonni (Gennargentu; 999 mètr. au-dessus de la mer; septembre 1881).

ACINETA LINGUIFERA, Clap. et Lachm. var. *interrupta,* Par.

(Pl. II, fig. 3.)

1854, *Acinete mit dem zungenförmigen Fortsatze* — Stein : Infus. p. 103 ; Pl. 2, fig. 11-17.

1868, *Acineta linguifera*, Clap. et Lachm. — Étud. s. l. Infusoires. Pt. I et II, p. 389.

1861, *Acineta linguifera* (*Operculina berberina*).— Pritchard, A History of Infusoria, p. 565; Pl. XXIII, fig. 17-20.

1882, *Acineta linguifera*, Saville-Kent, A Manual of the Infusoria. Part 6, p. 831; Pl. XLVI, fig. 36-39.

Dans les eaux des salines du grand étang de Cagliari, j'ai observé (septembre 1881) une forme de tentaculifère qui se rapproche surtout de l'Acineta linguifera, Stein (l. cit.) déterminée plus tard par Claparède et Lachmann (l. cit.). Le bord de la coque n'est pas régulier et continu; mais au contraire présente vers le milieu de ce bord une entaille très visible. Ce caractère donne à l'Acinète en question un aspect tout spécial et distinct qui permet de l'indiquer comme une variété de la forme principale.

ACINETA LINGUIFERA, Stein : var. *interrupta*, Parona.

Corps aplati, adhérent à la coque, à bord antérieur interrompu dans sa partie médiane; la coque formant deux lèvres, entre lesquelles se prolonge, sous forme de languette protractile, la partie antérieure du protoplasme. Vésicules contractiles multiples et placées dans la portion antérieure du protoplasme. Nucleus allongé et sinueux. Suçoirs minces et ramassés en deux faisceaux latéraux et opposés l'un à l'autre.

ACINETA CATTANEI, n. sp.

(Pl. II, fig. 4.)

Corps librement suspendu dans la coque qui a la forme d'un verre à calice, avec la lèvre divergente, la portion moyenne étant resserrée et la portion postérieure largement arrondie. Bord antérieur de la coque coupé en quatre parties, dont deux grandes et deux petites, opposées alternativement entre elles. Masse protoplasmique fortement granuleuse et d'un jaune vif; nucleus allongé, vésicules contractiles rares. Suçoirs nombreux, ramassés en deux faisceaux opposés l'un à l'autre, et qui sortent ou se contractent assez rapidement. Pédoncule très allongé, conique; la partie inférieure, la plus petite, fixée aux divers corps sous-marins.

Coque : long.	0,030
Pédoncule : long.	0,0070

Habite dans l'eau de mer, sur quelques Hydraires, Bryozoaires et Algues à Cagliari (Perdixedda) ; pas rare; juillet 1881.

J'ai fait la diagnose différentielle de cette espèce en la comparant avec toutes les Acinètes à tentacules ramassés (Saville Kent, *Manual*, 1882, p. 828-835). Elle a seulement quelque ressemblance avec l'*A. mystacina*, Ehr. et quelque peu avec l'*A. tuberosa*, Ehr. et *A. grandis*, S. K.

Magosphæra Maggii, n. sp.

(Pl. II, fig. 5.)

Cænobium sphérique, composé d'organismes unicellulaires, ou sphérules ciliées, distinctement nucléées, incolores, dont les prolongements convergent, en se réunissant par une extrémité, au centre de la grande sphère ; cils à la surface externe.

La colonie nage rapidement. On voit souvent une des cellules s'éloigner de la horde cellulaire sans la quitter tout à fait et retourner ensuite à sa place. Ce mouvement est probablement dû à la contractilité du fouet, restant fixé au centre de la sphère par son extrémité.

Très rare dans les eaux des salines du grand étang de Cagliari ; avril 1881.

Ce Catallacte rappelle, en général, la *Magosphæra planula* de Hæckel, mais on y remarque quelques autres caractères. Elle représente mieux une morule qu'une planule ; c'est-à-dire que c'est une réunion sphérique de cellules arrondies, dont les rapports sont moins intimes que dans la *Magosphæra planula*. Cette nouvelle forme serait ainsi une morule vivant librement, et représenterait ainsi, dans le parallélisme de la taxonomie avec l'ontogénie, l'état de morule.

Cet état ontogénique de la morule antérieur, comme personne ne l'ignore, à celui de la blastule ou planule,

serait mieux représenté par la Magosphæra Maggii, que par les Labyrinthules de Cienkowski. On sait que les Labyrinthules sont des hordes cellulaires composées de nombreuses cellules homogènes, mobiles, à liens assez lâches. Les cellules, le plus souvent mobiles, vivent associées ensemble en grand nombre et leur locomotion n'a pas lieu dans l'eau, mais dans le tissu des mailles du réseau qu'elles forment. Ces filaments ramifiés possèdent une structure fibrillaire et proviennent de cellules nomades. On veut que ces cænobiums soient les représentants vivants et autonomes de l'état transitoire de la morule, qui se rencontre précisément dans le développement de l'œuf des métazoaires.

La *Magosphæra Maggii,* je le crois, rappelle mieux que les labyrinthules ce stade évolutif de la morule. Dans ce cas, la forme susdite complète la série des représentants vivants, ou des biontes actuels des divers états primitifs de l'évolution des métazoaires. On sait en vérité que la *Monerula* est représentée par les Monères, la *Cytula* par les Loboses, la *Cytula binucleata* par les Nucléaires. La *Morula* serait donc représentée par notre Magosphère, la *Blastula* par la Magosphère d'Hæckel et la *Gastrula* par les Gastréades et les Dyciémides.

Enfin si la *Magosphæra planula* nous représente l'épithélium ciliaire autonome primitif, la *Magosphæra Maggii* étant un organisme morphologiquement antérieur à la *Magosphæra planula,* il est hors de doute que cette nouvelle forme représente un épithélium et un tissu épithélial plus ancien, c'est-à-dire qui a précédé celui de la Magosphère d'Hæckel.

Diplodorina Massoni, From.

(Pl. II, fig. 6.)

Diplodorina Massoni, Fromentel ; Études sur les microzoaires, ou infusoires proprement dits ; p. 216 et 341 ; Pl. XXV, fig. 6.

Le genre *Diplodorina* fut établi par M. Fromentel (op. cit., p. 246) avec les caractères suivants :

« Animalcules dont l'organisation rappelle celle de *Pandorina ;* mais qui paraissent entourés par une double enveloppe transparente. Le flagellum dont sont munis les animalcules traverse les deux couches transparentes et s'agite au dehors.

« Nous avons dédié cette espèce unique à l'éditeur de cet ouvrage : *Diplodorina Massoni* (Pl. XXV, fig. 6). »

La séparation de ce genre des *Pandorina,* Bory (Encyclop.) est bien justifiée, parce que, si le genre *Pandorina* comprend les formes qui se présentent réunies en masse arrondie et placées dans le centre d'une seule enveloppe transparente, le nouveau genre *Diplodorina* présente deux de ces enveloppes, ce qui le distingue assez facilement.

Le genre *Pandorina* est en particulier caractérisé par une enveloppe simple ; c'est ce que nous ont appris Ehrenberg, dans son grand ouvrage, Mandl (*Traité pratique du microscope,* etc. Paris, 1839, p. 214 ; Pl. VII, fig. 17), Perty (*Zur Kenntniss kleinster Lebensformen d. Schweiz,* p. 177 ; Pl. XI, fig. 8, A-H), et beaucoup d'autres auteurs.

Voyons comment M. Fromentel a décrit l'unique espèce de son nouveau genre (l. cit. p. 341).

« Diplodorina Massoni. Colonie globuleuse, composée

d'infusoires verts, de différentes tailles. On en remarque cinq unis intimement par leur base amincie, relativement gros, et possédant un long flagellum qui traverse la masse commune pour aller s'agiter au dehors en se bifurquant. Ils possèdent une tache oculaire rouge. Dans le centre, ou point de réunion des gros, on en remarque sept beaucoup plus petits, unis entre eux, et qui semblent en voie de développement. Le signe caractéristique de ce genre est la double enveloppe qui recouvre les infusoires, tandis qu'elle est simple dans les genres précédents (*Allodorina*, From. et *Pandorina*, Bory). »

La forme que j'ai étudiée présente tout à fait les caractères du genre *Diplodorina* : par la double enveloppe, par la colonie de protistes groupés dans le centre de la masse transparente, et par le flagellum bifurqué au dehors; mais néanmoins elle offre quelques caractères différentiels très importants pour la morphologie de cet être.

M. Fromentel remarque dans son espèce cinq divisions de la colonie extérieure qui sont grandes et sept intérieures plus petites; elle possède encore un seul point oculiforme rouge. La forme trouvée par moi en Sardaigne, a la portion centrale de la colonie coupée en sept parties, comme l'est aussi l'extérieure; on remarque en outre deux points oculiformes. Cette différence est très intéressante, parce qu'elle fait voir dans la *Diplodorina Massoni* de Fromentel un état de développement, plutôt qu'une forme adulte; et dans ce cas le caractère fondé sur le nombre des divisions de la colonie n'est pas exact; comme nous le voyons, par exemple, dans la *Pandorina* (Perty; l. cit., Pl. XI, fig. 8, A-H, développement).

Après ces considérations, je crois nécessaire de modifier la diagnose de la manière suivante, en conservant les dénominations de genre et d'espèce.

Diplodorina Massoni (From.), Par. — Colonie globuleuse, composée de protistes verts de différentes tailles. Nombre variable d'individus, intimement unis par leur base amincie; chaque individu possèdant un long flagellum qui perce la masse commune pour aller s'agiter au dehors en se bifurquant. Plusieurs taches oculaires rouges ou brunâtres. Dans le centre, ou point de réunion des individus, on remarque les formes les plus petites, tandis que les plus grandes se trouvent au dehors. Le caractère principal est sans doute la double enveloppe qui recouvre la masse centrale.

Ce genre a été trouvé dans l'eau, sous les feuilles des *Nymphæa*, au Jardin botanique de Cagliari; commune en juin; plus commune en juillet; 1881.

Zigoselmis leucoa, From.

(Pl. II, fig. 7.)

Zigoselmis leucoa, Fromentel, Op. cit. Pl. XXIV, 22-23.
Zigoselmis leucoa, Parona = Prima centuria di Protisti ecc. N. 18.

Ce flagellé a déjà été indiqué dans ma *Note* sur les protistes de la Sardaigne. J'avais rencontré son développement dans des corpuscules sphériques, sporiformes, de dimensions différentes et qui présentent un coloris rouge vif, que l'on trouve en quantité énorme dans les eaux des salines.

Ces corpuscules ont deux enveloppes bien distinctes, et une matière granuleuse très visible dans l'intérieur. Ils diffèrent souvent entre eux, car ils présentent un contenu plus ou moins obscur ou plus ou moins granuleux (fig. 7, *a, b, c, d*). Après quelque temps (un ou deux jours), ils se meuvent, d'abord lentement, ensuite plus promp-

tement, et prennent la forme du flagellé (fig. 7, *e, f, g*), indiqué par Fromentel (l. cit.).

Ce sont eux qui donnent la coloration rouge propre aux eaux concentrées des salines. Ils forment la nourriture presque unique de l'*Artemia salina,* Linn., et l'on aperçoit souvent le tube digestif de ce crustacé complètement rempli de ces corpuscules. J'ai rencontré ce protiste dans les eaux des salines à la Scaffa (Cagliari); avril 1881.

En suivant la classification proposée par Hæckel dans son « Protistenreich » (1878) et modifiée, peu après, par le prof. Maggi (1882), voici les formes principales que j'ai pu observer jusqu'à présent dans les eaux de la Sardaigne :

PROTISTES DE LA SARDAIGNE

I. Bacteria.

1. *Bacterium termo*, Duj. = Jardin botanique de Cagliari; etc.
2. *Bacterium rubescens*, Lank. = Salines de Cagliari.
3. *Bacillus ulna*, Warm. = Salines de Cagliari; Jardin botaniq.
4. *Bacillus subtilis*, Cohn. = Salines de Cagliari.
5. *Vibrio serpens*, Müll. = Eaux marines (Magretti).
6. *Spirillum tenue*, Ehr. = Jardin botanique.

II. Monera.

7. *Protamæba agilis*, Hæck. = Jardin botanique.
8. *Protamæba simplex*, Hæck. = Jardin botanique.

III. Flagellata.

9. *Glenodinium Warminghii*, Bergh. = Port de Cagliari.
10. *Peridinium pulvisculum*, Ehr. = Salines de Cagliari.
11. *Peridinium tabulatum*, Ehr. = Salines de Cagliari.
12. *Astasia regularis*, From. = Id.
13. *Astasia utriculus*, From. = avec la précéd.

14. *Astasia cylindrica*, From. = avec la précéd.
15. *Microglena salina*, Schmarda. = Salines de Cagliari.
16. *Euglena viridis*, Ehr. = Jardin botaniq. cit. Salines et eaux douces de Carloforte.
17. *Euglena oxyuris*, Schmarda. = Jardin botaniq. de Cagliari.
18. *Euglena spirogyra*, Ehr. = avec les précéd.
19. *Zygoselmis leucoa*, From. = Salines de Cagliari.
20. *Trachelomonas volvocina*, From. = Salines de Cagliari.
21. *Phacus pleuronectes*, Duj. = Jardin botaniq. cit.
22. *Diselmis viridis*, Duj. = Salines de Cagliari.
23. *Anisonema sulcata*, Duj. = Eaux marines, à Cagliari.
24. *Monas lens*, Duj. = Eaux potables, à Cagliari.
25. *Monas fluida*, Duj. = Salines cit.
26. *Chilomonas* ..... sp.? = Salines cit.
27. *Pleuromonas jaculans*, Sav. Kent. = Salines cit.
28. *Oicomonas Steinii*, Sav. Kent. = Salines cit.
29. *Heteromita lens*, Sav. Kent. = Jardin botaniq. cit.
30. *Diplodorina Massoni*, From. (Par.) = Jardin botaniq. cit.

IV. Lobosa.

31. *Amœba diffluens*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.; Salines cit.
32. *Amœba polypodia*, F. E. Schulze. = Étang de Cagliari et de Oristano.
33. *Amœba radiosa*, Duj. = avec la précéd.
34. *Amœba princeps*, Ehr. = Jardin botaniq. de Cagliari.
35. *Amœba verrucosa*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
36. *Amœba inflata*, Duj. = Dans les sources de Gennargentu (Aritzo; 721 m. au-dessus du niv. de la mer).
37. *Amœba guttula*. Duj. = Sur le rocher de S. Elia.
38. *Amœba globularis*, Schultze. = Eaux marines à Cagliari.
39. *Amœba digitata*, Parona. = Jardin botaniq. cit.
40. *Amœba velata*, Parona. = Eaux douces de Fonni (999.50 au-dessus du niv. de la mer).
41. *Podostoma filigerum*, Clap. et Lachm. = Eaux de Fonni cit.
42. *Dactylosphærium vitreum*, Hert. et Less. = Port de Cagliari.
43. *Amphizonella flava*, R. Greef. = Jardin botaniq. cit.
44. *Pseudoclamis patella*, Clap. et Lachm. = Sur le rocher S. Elia cit.
45. *Nuclearia delicatula*, Cienk. = Port de Cagliari.
46. *Arcella vulgaris*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
47. *Arcella viridis*, Perty = Jardin botaniq. cit.
48. *Lagæna levis*, = Port de Cagliari.

49. *Euglypha alveolata*, Duj. = Aqueduc de Cagliari.
50. *Euglypha minima*, Perty. = avec le précéd.
51. *Euglypha proteiformis*, Ehr. = avec les précéd.
52. *Cyphodeira margaritacea*, Schlumb. = avec les précéd.
53. *Difflugia oblonga*, Ehr. = Amphithéâtre de Cagliari.
54. *Difflugia acuminata*, Ehr. = Dans le limon du port de Cagliari.
55. *Mikrogromia socialis*, Archer. = Dans le limon du port de Cagliari.

V. **Diatomea** (vid. *Piccone :* ouvrage cit.).

56. *Cyclotella Dallasiana*, Sm. = Eaux marines.
57. *Coscinodiscus radiatus*, Ehrb. = avec la précéd.
58. *Coscinodiscus eccentricus*, Ehr. = avec les précéd.
59. *Coscinodiscus gigas*, Ehr. = avec les précéd.
60. *Actinoptychus undulatus*, Ehr. = avec les précéd.
61. *Actinoptychus splendens*, Ralfs = avec les précéd.
62. *Podosira maculata*, Sm. = avec les précéd.
63. *Melosira Westii*, Sm. = avec les précéd.
64. *Melosira sulcata*, Ktz. = avec les précéd.
65. *Campylodiscus noricus*, Ehr. = Tacco de Seui.
66. *Campylodiscus echineis*, Ehr. = Étang de Cagliari.
67. *Surirella fastuosa*, Ehr. = Étang de Cagliari.
68. *Cymatopleura elliptica*, Sm. = Tacco de Seui.
69. *Cymatopleura solea*, Sm. = Tacco de Seui.
70. *Epithemia sorex*, Ktz. = Ozieri.
71. *Epithemia constricta*, Sm. = Étang de Cagliari.
72. *Epithemia musculus*, Ktz. = Environs de Cagliari.
73. *Epithemia argus*, Ktz. = Calabona, près d'Alghero.
74. *Epithemia ocellata*, Ktz. = avec le précéd.
75. *Eunotia minor*, Grum. = Tacco de Seui.
76. *Cymbella affinis*, Ktz. = Tacco de Seui; Calabona.
77. *Cymbella helvetica*, Ktz. = Tacco de Seui.
78. *Cymbella obtusa*, Greg. = Tacco de Seui.
79. *Cymbella cistula*, Hemp. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
80. *Cymbella costata*, Rabenh. = Jardin botanique de Cagliari (Parona).
81. *Cocconema fusidium*, Ehrb. = Tacco de Seui.
82. *Amphora ovalis*, Ktz. = Tacco de Seui; aqueduc de Cagliari (Parona).
83. *Amphora salina*, Sm. = Environs de Cagliari.
84. *Amphora proteus*, Greg. = Eaux marines.

85. *Amphora quadricostata*, Rabenh. = Isili; Terranova.
86. *Amphora angusta*, Greg. = avec l'*A. proteus*.
87. *Cocconeis pediculus*, Ehrb. = Environs de Cagliari; Seui; Macomer.
88. *Cocconeis placentula*, Ehrb. = Tacco de Seui; Ozieri; Terranova.
89. *Cocconeis pygmea*, Ktz. = Environs de Cagliari.
90. *Cocconeis scutellum*, Ehr. = Eaux marines.
91. *Cocconeis mediterranea*, Ktz. = Eaux marines.
92. *Cocconeis transversalis*, Greg. = Eaux marines.
93. *Cocconeis pseudomarginata*, Greg. = Environs de Cagliari.
94. *Cocconeis pretexta*, Ehrb. = Eaux marines, à Cagliari.
95. *Achnanthidium flexellum*, Bréb. = Tacco de Seui.
96. *Achnanthes exilis*, Ktz. = Étang de Cagliari.
97. *Achnanthes subsessilis*, Ktz. = Environs de Cagliari.
98. *Achnanthes brevipes*, Ktz. = Environs de Cagliari.
99. *Rhoicosphenia curvata*, Grun. = Pirri (Cagliari).
100. *Denticula frigida*, Ktz. = Tacco de Seui.
101. *Denticula obtusa*. Sm. = Calabona cit.
102. *Plagiogramma gregorianum*, Grev. = Eaux marines
103. *Frigillaria capucina*, Desmar. = Cala d'Ostia.
104. *Diatoma vulgare*, Bory. = Seui.
105. *Rhaphoneis surirella*, Ehr. = Eaux marines
106. *Doryphora amphiceras*, Ktz. = avec le précéd.
107. *Synedra lævis*, Ehrb. = Environs de Cagliari.
108. *Synedra splendens*, Ktz. = Tacco de Seui.
109. *Synedra affinis*, Ktz. = Étang de Cagliari.
110. *Synedra truncata*, Grev. = Limbara.
111. *Synedra capitata*, Ehr. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
112. *Hantzschia amphioxys*, Grun. = Étang de Cagliari.
113. *Nitzschia sigmoidea*, Sm. = Tacco de Seui.
114. *Nitzschia linearis*, Sm. = Tacco de Seui.
115. *Navicula Cesatii*, Rabenh. = Tacquisara.
116. *Navicula lyra*, Ehr. = Eaux marines.
117. *Navicula forcipata*, Grev. = Eaux marines.
118. *Navicula elliptica*, Ktz. = Tacco de Seui.
119. *Navicula marina*, Ralfs. = Eaux marines.
120. *Navicula didyma*, Ktz. = Eaux marines.
121. *Navicula interrupta*, Ktz. = Eaux marines.
122. *Navicula limbata*, Ehrb. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
123. *Navicula gracilis*, Ehrb. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
124. *Navicula Ehrenbergii*, Rab. = Tempio (Riu de Liscia) (Parona).

125. *Navicula cuspidata*, Ktz. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
126. *Pinnularia major*, Rabenh. = Mines de Montevecchio.
127. *Pinnularia radiosa*, Rabenh. = Tacco de Seui.
128. *Scoliopleura tumida,* Grun. = Eaux marines.
129. *Pleurosigma delicatulum*, Sm. = Étang de Quarto.
130. *Pleurosigma hippocampus*, Sm. = Eaux marines.
131. *Stauroneis aspera*, Ktz. = Étang de Cagliari.
132. *Stauroneis anceps*, Ehr. = Aqueduc de Cagliari.
133. *Amphipora lepidoptera*, Greg. = Étang de Cagliari.
134. *Orthoneis splendida*, Grun. = Étang de Cagliari.
135. *Mastogloja lanceolata*, Thw. = Étang de Cagliari.
136. *Mastogloja meleagris*, Rabenh. = Étang de Cagliari.
137. *Mastogloja apiculata*, Sm. = Étang de Cagliari.
138. *Mastogloja Braunii*, Grun. = Étang de Cagliari.
139. *Mastogloja exigua*, Lewis. = Étang de Cagliari.
140. *Mastogloja pusilla*, Grun. = Étang de Cagliari.
141. *Mastogloja Smithii* (var. *intermedia*), Grun. = Étang de Cagliari.
142. *Gomphonema tenellum*, = Seui.
143. *Gomphonema capitatum*, Ehrb. = avec le précédent.
144. *Gomphonema constrictum*, Ehrb.= Eaux calcair. à Tacquisara.
145. *Gomphonema intricatum*, Ktz. = Tacco di Seui.
146. *Gomphonema affine*, Ktz. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
147. *Gomphonema truncatum*. = Aqueduc de Cagliari (Parona).
148. *Meridion circulare*, Ag. = Limbara,
149. *Ripidophora superba*, = Environs de Cagliari.
150. *Licmophora argentescens*, Ag. = Golfe de Cagliari.
151. *Grammatophora marina*, Ktz. = Cagliari.
152. *Grammatophora oceanica*, Ehrb. = Étang de Cagliari.
153. *Grammatophora macilenta*, Sm. = Cagliari.
154. *Rhabdonema adriaticum*, = Étang de Cagliari.
155. *Cerataulus Smithii*, Pritch. = Eaux marines.
156. *Triceratium favus*, Ehrb. = Eaux marines.
157. *Triceratium striolatum,* Ehrb. = Eaux marines.
158. *Triceratium antediluvianum*, Grun. = Étang de Cagliari.
159. *Eupodiscus argus*, Ehr. = Eaux marines.
160. *Auliscus sculptus*, Pritch. = Eaux marines.

VI. Heliozoa.

161. *Actinosphærium Eichhornii*, Ehr. = Jardin botanique de Cagliari; mines de Rosas.
162. *Acanthocystis spinifera*, Hertw. et Less. = Port de Cagliari.

163. *Acanthocystis viridis*, Hert. et Less. = Oristano.
164. *Heterophrys marina*, Hertw. et Less. = Cagliari.

VII. Ciliata.

165. *Cothurnia crystallina*, Ehr. = Eau marine, dans un aquarium du Musée zoologique de Cagliari.
166. *Cothurnia imberbis*, Ehr. = Jardin botaniq. de Cagliari.
167. *Vaginicola ovata*, Duj. = Aquarium cit
168. *Tintinnus inquilinus*, Ehr. = Salines de Cagliari.
169. *Epistylis anastatica*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
170. *Epistylis plicatilis*, Ehr. = Marine; Cagliari.
171. *Zoothamnium dichotomum*, Wright. = Marine; Cagliari.
172. *Carchesium polypinum*, Ehr. = Oschiri (Riu Coghinas).
173. *Vorticella microstoma*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
174. *Vorticella elongata*, From. = Jardin botaniq. cit.
175. *Vorticella campanula*, Ehr. = Port de Cagliari.
176. *Vorticella salina*, Schmarda. = Salines de Cagliari.
177. *Vorticella cucullus*, Ehr. = Aqueduc de Cagliari.
178. *Strombidium turbo*, Clap. et L. = Jardin botaniq. cit.; salines de Cagliari.
179. *Halteria pulex*, Clap. et L. = Port de Cagliari.
180. *Halteria volvox*, Clap. et Lachm. = Jardin botaniq. cit.
181. *Oxytricha pellionella*, Ehr. = Salines de Cagliari.
182. *Stylonichia mytilus*, Ehr. = Salines de Cagliari.
183. *Stylonichia pustulata*, Ehr. = Salines cit.
184. *Stylonichia lanceolata*, Ehr. = Fonni.
185. *Stylonichia regularis*, From. = Jardin botaniq. cit.
186. *Uroleptus musculus*, Ehr. = Aquarium du Musée zoolog. cit.
187. *Uroleptus piscis*, Ehr. = avec le précéd.
188. *Euplotes patella*, Ehr. = Port de Cagliari.
189. *Euplotes longipes*, Clap. et L. = Eaux marines (Magretti).
190. *Euplotes charon*, Ehr. = Eaux marines de Cagliari.
191. *Ægyria legumen*, Clap. et Lach = Eaux marines à Cagliari.
192. *Disteria aculeata*, Clap. et L. = Port de Cagliari.
193. *Campylopus paradoxus*, Clap. et L. = Salines de Cagliari.
194. *Chilodon cucullulus*, Ehr. = Aqueduc de Cagliari.
195. *Chilodon uncinatus*, Ehr. = Eaux marines à Cagliari.
196. *Opisthiotricha tenue*, Perty. = Jardin botaniq. cit.
197. *Spirostomum teres*, Clap. et L. = Jardin botaniq. cit.
198. *Stentor cæruleus*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
199. *Stentor polymorphus*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
200. *Bursaria pupa*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.

201. *Metopus sigmoides*, Clap. et L. = Salines de Cagliari.
202. *Pleuronema chrysalis*, Perty. = Salines de Cagliari.
203. *Cyclidium glaucoma*, Ehr. = Eaux marines (Magretti).
204. *Cyclidium elongatum*, Clap. et L. = Salines de Cagliari.
205. *Glaucoma margaritaceum*, Clap. et L. = Salines cit.
206. *Paramecium Aurelia*, Ehr. = Dans toutes les eaux marines et douces.
207. *Paramecium viride*, Perty. = Jardin botaniq. cit.
208. *Paramecium putridum*, Clap. et L. = Jardin botaniq. cit.
209. *Nassula elegans*, Ehr. = Jardin botaniq. cit.
210. *Holophrya ovum*, Ehr. = Salines de Cagliari.
211. *Coleps hirtus*. Ehr. = Jardin botaniq. cit.
212. *Lacrimaria olor*, Clap. et L. = Port de Cagliari.
213. *Lacrimaria lagenula*, Clap. et L = Port de Cagliari.
214. *Trachelophyllum pusillum*, Clap. et L. = Salines de Cagliari
215. *Amphileptus anser*, Ehr. = Eaux marines à Cagliari.
216. *Amphileptus meleagris*, Clap. et L. = Jardin botaniq. cit.

VIII. Acineta.

217. *Acineta mystacina*, Ehr. = Jardin botaniq. Cagliari.
218. *Acineta hyphidris*, Stein. = Aquarium du Musée zoolog. cit.
219. *Acineta compressa*, Clap. et L. = Eaux marines, Cagliari.
220. *Acineta tuberosa*, Ehr. = Eaux marines à Cagliari.
221. *Acineta linguifera*, Stein; var. *interrupta*, Parona. = Salines de Cagliari.
222. *Acineta Cattanei*, Parona. = Eaux marines à Cagliari.
223. *Sphærophrya pusilla*, Clap. et L. = Eaux marines (Magretti).
224. *Podophrya pusilla*, Koch. = Port de Cagliari.
225. *Hemiophrya crustaceorum*, Haller. = Eaux marines à Cagliari.

IX. Catallacta.

226. *Uvella virescens*, Bory. = Salines de Cagliari.
227. *Salpingeca Steinii*, Sav. Kent. (?) = Salines de Cagliari.
228. *Magosphæra Maggii*, Parona. = Salines de Cagliari.

Je me réserve d'établir plus tard des comparaisons entre les formes qui vivent dans les eaux douces et celles qui se trouvent dans la mer ou les eaux saumâtres; et aussi entre les formes insulaires et celles du continent italien, ou de la région circumméditerranéenne.

Cependant, abstraction faite de quelques groupes dont je ne me suis pas occupé spécialement, on voit déjà combien les différentes classes, dans lesquelles se partage le règne des Protistes, sont bien représentées. On peut faire la même remarque pour les ordres, les familles et les genres, que l'on trouve tous en grand nombre.

Il est donc permis de conclure que de nouvelles recherches donneront des résultats d'une certaine valeur, et nous fourniront des faits chorologiques très importants, eu égard à la situation toute particulière de l'île de Sardaigne.

Cagliari, février 1883.

EXPLICATION DES FIGURES

Fig. 1. *Amœba digitata* (Zeiss. Oc. 5, Obj. DD.).
a, *b*, *c*, *d* Divers états de contraction du même individu (*n*, nucleus).
Fig. 2. *Amœba velata* (Hartn. × 600).
a, *b*, *c*, *d*, *e*. Divers états de contraction du même individu (*n*, nucleus. *a*, pseudopodes dans les lames pseudopodiques).
Fig. 3. *Acineta linguifera*, var. *interrupta* (Hartn. × 340).
(*n*, nucleus).
Fig. 4. *Acineta Cattanei* (Hartn. 180),
(*n*, nucleus; *v*, vésicule contractile).
Fig. 5. *Magosphæra Maggii* (Hartn. × 600).
(a,a, cellules qui quittent le cænobium).
Fig. 6. *Diplodorina Massoni* (Zeiss; Oc. 5, Obj. DD).
Fig. 7. *Zigoselmis leucoa* (Hartw. × 490).
(*a*, *b*, *c*, *d*, divers états sporiformes. *e*, *f*, *g*, divers états de la forme flagellée).

ÉTUDE

SUR LES

TREMBLEMENTS DE TERRE ET LES VOLCANS

PAR

M. le prof. F. CORDENONS

(Suite et fin.)

CHAPITRE III

Exposé des hypothèses nouvelles.

§ 1. D'après ma théorie, le foyer des grands tremblements de terre n'est pas, comme plusieurs savants le pensent, dans les couches les plus superficielles de la croûte terrestre, mais bien plutôt dans les couches les plus profondes. Pour plus de clarté il me paraît nécessaire d'exposer d'abord mes idées sur la constitution intérieure de la terre.

Les astronomes et les physiciens, les géologues et les chimistes, tous s'accordent à admettre une époque où la Terre était à l'état incandescent et fluide ; ils sont en désaccord quant au degré de solidification qu'elle a atteint actuellement.

Dans cette question capitale, les savants se sont parta-

gés en deux camps opposés et acharnés dans leurs idées. Les uns disent que la solidification de la Terre n'est que superficielle, et que la partie intérieure est toujours à l'état de fusion, à l'état visqueux ou demi-liquide. Les autres affirment qu'il ne reste plus de la chaleur primitive qu'un petit noyau central tout au plus, et que la Terre dans son ensemble se trouve à l'état solide.

Si je voulais citer tous les arguments, tous les calculs avancés par les uns et par les autres, je pourrais écrire un gros traité qui m'éloignerait considérablement de mon but. Il me semble cependant nécessaire de signaler quelques faits particulièrement importants qui, à ma connaissance, n'ont pas encore reçu toute l'attention qu'ils méritent.

Si l'on admet que la Terre soit déjà *tout entière* à l'état solide, comme la solidification n'a pu se produire que de dehors en dedans, elle a nécessairement dû passer à une certaine époque par la phase où sa croûte avait une épaisseur telle que sa résistance à l'écrasement faisait exactement équilibre aux forces tangentielles qui tendaient à la plisser.

Cette période une fois atteinte, la grande masse placée au-dessous de cette voûte immense qui déjà résistait à toute contraction, continuait à diminuer de volume, par suite de son refroidissement lent et progressif; il a dû par conséquent se former un espace vide au-dessous de la croûte déjà solidifiée [1].

[1] On observe un fait analogue chez tous les fruits enveloppés d'une écorce solide, comme la noix de coco, la noisette, l'amande, etc.; seulement, dans ce cas, la contraction de la masse intérieure se fait par dessiccation. Toutefois le procédé est identique, car si l'on cueille un de ces fruits très jeune, on voit que la graine est sur toute sa surface adhérente à son enveloppe.

Tandis que ce phénomène avait lieu à l'intérieur du globe, il devait s'en produire un autre tout aussi remarquable à sa surface.

Les couches qui forment la croûte terrestre n'éprouvent pas toutes, par le fait du rayonnement, une perte égale de chaleur. Les couches les plus superficielles perdent une quantité de chaleur beaucoup plus grande que les couches profondes, qui reçoivent directement la chaleur intérieure de la Terre, et sont en outre protégées par les couches extérieures. Les couches intérieures ont dû par conséquent résister à la contraction des couches superficielles, et il a dû se produire dans ces dernières des crevasses larges et profondes.

En un mot, il aurait dû se produire, dans des proportions plus vastes, le phénomène qui chaque été se répète par suite de l'évaporation de l'humidité, dans les grandes plaines argileuses des pays chauds. Les couches superficielles se contractent plus que les couches sous-jacentes, et, n'ayant pas une cohésion suffisante pour résister à la tension qui en résulte, sont obligées de se fendre [1].

[1] Toutes les roches éruptives présentent des fissures nombreuses qui sont l'effet de la contraction qu'elles ont éprouvée à l'époque de leur refroidissement. Ces fissures, dans la plupart des cas, n'ont pas une disposition régulière. D'autres fois elles sont assez symétriques et donnent des formes prismatiques comme dans les basaltes. Dans quelques localités ces rochers ont une surface plus ou moins arrondie, sillonnée par des fissures. En enfonçant un coin dans ces fissures, il est très facile d'enlever tout autour du bloc une couche d'épaisseur presque uniforme, pouvant parfois atteindre 10 centimètres et plus. Sur la surface ainsi mise à nu il peut y avoir d'autres fissures semblables aux premières. On peut alors enlever une seconde, une troisième et quelquefois même une quatrième couche. Au milieu on trouve une boule compacte presque complètement sphérique, qui est le noyau du bloc. On ne peut attribuer cette structure à des actions extérieures, car on l'observe aussi bien sur les trachytes les

Dans quelle phase la Terre se trouve-t-elle maintenant? Il n'est guère possible qu'elle ait atteint la dernière phase, car alors elle nous présenterait un grand nombre de canaux ou fissures, tout à fait semblables à ceux qu'on voit dans les plaines lunaires, et analogues aux fissures découvertes récemment sur la planète Mars par le célèbre astronome G.-V. Schiaparelli [1].

plus durs et les plus résistants aux intempéries et au gel. Il faut donc en chercher la cause dans le mode spécial de refroidissement de ces blocs, lequel aurait procédé uniformément du dehors au dedans, comme pour le globe terrestre.

[1] Déjà depuis le siècle passé, les astronomes avaient découvert les immenses fissures qui sillonnent la surface de la lune. Cependant c'est seulement à la suite des derniers perfectionnements du télescope, qu'ils ont pu en voir les détails principaux, et se faire ainsi une idée exacte de la forme de ces fissures. Avant cette époque, les astronomes qui voulaient absolument y trouver des traces des fameux *Sélénites*, soutenaient que les fissures les plus grandes étaient des canaux et les plus petites des routes. Et ce n'est pas le manque d'imagination qui a empêché de voir les ponts traversant les canaux et les poteaux indicateurs sur les routes. On sait à présent qu'il s'agit de vraies crevasses *très profondes* du sol, ayant des parois perpendiculaires, comme les *canons* des Cordillères et comme certaines gorges des Alpes, des Pyrénées, etc. Il y a cependant cette différence, que les crevasses terrestres sont bornées aux régions montagneuses et ont été engendrées par la rupture de hauts plateaux suivant la courbe des anticlinales. Dans la lune, au contraire, les crevasses s'étendent partout et même de préférence sur les plaines, s'enchevêtrent de mille manières et suivent parfois des lignes parallèles, formant dans quelques régions un réseau très épais, qui nous paraîtrait bien plus épais, si l'on pouvait voir les fissures les plus étroites.

Une autre preuve que les crevasses lunaires ne peuvent pas être confondues avec les gorges terrestres, c'est qu'il y en a qui séparent d'une manière nette et tranchée plusieurs cônes volcaniques, pour se continuer droit à travers les plaines, ce qui montre que leur formation doit être postérieure à celle de ces volcans.

Les grandes fissures qu'on voit sur les continents et les îles de Mars, et que l'astronome G.-V. Schiaparelli, qui les a découvertes,

Il n'est pas même possible qu'elle ait atteint la phase, où sa croûte serait suffisamment épaisse pour résister aux forces intérieures et tangentielles, qui continuellement

appelle *canaux* (canali) doivent avoir une forme semblable (Voir la relation qu'il en a faite à la *R. Accademia dei Lincei* de Rome). On aperçoit des sillons très obscurs ; les plus étroits apparaissent comme des lignes tout à fait noires. Si ces sillons étaient des canaux comme on en voit d'habitude, c'est-à-dire ayant les bords légèrement inclinés, comment pourrait-on expliquer le phénomène qui a tellement étonné le célèbre astronome, que quelques-uns de ces sillons apparaissent graduellement, pour disparaître bientôt après ?

Si en revanche on suppose les parois perpendiculaires et s'enfonçant beaucoup dans le sol, le mystère de leur dédoublement (*geminazione*, comme dit Schiaparelli) est d'abord expliqué. Les sillons sont invisibles toutes les fois que leur position par rapport à la terre et au soleil, est telle que leur paroi tournée vers nous est éclairée ; ils sont visibles, lorsque cette même paroi se trouve dans l'ombre, et ils nous paraissent s'élargir, lorsqu'ils nous présentent le fond noir à cause de l'ombre que les parois projettent.

La différence énorme en largeur et en longueur de ces crevasses, comparées à celles de la lune, paraît à première vue exclure toute idée d'analogie avec celles-ci. Cependant si l'on tient compte de la différence des volumes respectifs des deux astres, et si l'on considère que l'épaisseur de leurs croûtes doit être dans le rapport direct de ces volumes, on comprendra facilement les grandes différences que l'on observe.

Il est d'ailleurs d'autres causes, en relation avec l'imperfection des instruments optiques, qui tendent à nous faire voir une fissure beaucoup plus grande qu'elle n'est en réalité. Il faut aussi remarquer que Mars, à l'époque des grandes oppositions, a un diamètre apparent qui n'est guère supérieur à 25″, c'est-à-dire $^{1}/_{80}$ du diamètre apparent de la lune. Il s'ensuit que si deux fissures parallèles ne sont pas très éloignées, il est très difficile de les dédoubler, et elles nous apparaissent comme une fissure unique très large et claire. En outre toutes les lignes qu'on voit ne correspondent pas à des fissures. Il en est certainement parmi les plus grandes qui sont de vrais canaux formés par d'autres causes géologiques, comme le détroit de Messine, celui des Dardanelles, les *canons* des Cordillères, etc.

Les vraies fissures, soit sur Mars, soit sur la Lune, doivent être

tendent à la soulever et à la plisser. En effet les soulèvements et les abaissements que la croûte terrestre éprouve toujours, soit qu'on les considère d'après l'ancienne

envisagées comme le résultat de la contraction des couches les plus superficielles de l'écorce solide.

Helmholtz, d'après les principes de la théorie mécanique de la chaleur, a calculé que, par le fait de la condensation de la matière, la chaleur du soleil a dû atteindre 28 millions de degrés. Schiaparelli, par des raisonnements analogues, a trouvé pour la terre nne température de 8980°, et de 1995° pour Mars.

Mais laissons même de côté ces données peut-être trop hypothétiques, laissons aussi de côté l'hypothèse de Laplace, d'après laquelle Mars et la Lune se seraient formés avant la Terre. Il nous restera toujours le fait indiscutable, que leurs volumes respectifs sont comme 1 à 10 pour Mars et comme 1 à 49 pour la Lune. Ce fait permet à lui seul de conclure que la croûte solide de Mars doit être, par l'effet du rayonnement, beaucoup plus épaisse proportionnellement que celle de notre planète ; c'est-à-dire qu'elle doit déjà avoir atteint le degré d'épaisseur, après lequel elle ne peut plus se contracter, mais doit en revanche se fendre à la surface.

Pour ce qui est de la Lune, d'autres données précises montrent qu'elle peut bien être déjà tout à fait à l'état solide. A surface égale, la Terre et la Lune reçoivent du soleil la *même* quantité de chaleur ; si la Lune n'avait pas son foyer interne tout à fait éteint, ou presque éteint, elle devrait se trouver dans des conditions presque semblables à celles de notre globe. C'est-à-dire que, la matière fondamentale dont ces deux astres sont formés étant la même, s'il n'y avait pas une différence entre leur rayonnement, la Lune devrait encore avoir l'atmosphère et l'eau. Mais ces deux éléments n'existent plus dans la Lune; ils doivent avoir atteint l'état solide par des combinaisons chimiques indéfiniment répétées.

Les nombreux volcans de la Lune montrent que l'activité de son foyer est éteinte depuis longtemps. Si une éruption avait eu lieu dans quelques-uns de ces volcans à l'époque historique, je pense qu'on l'aurait notée et transmise à nous comme un fait merveilleux ; car je crois que tout le monde aurait pu la voir, comme un petit flambeau rouge sur un champ noir. Dans la lune la force de gravitation est très faible, mais l'attraction terrestre très puissante ; l'atmosphère y manque et par conséquent aussi sa pression ; par contre la force éruptive des volcans lunaires semble avoir été plu-

théorie, comme les précurseurs de grands cataclysmes, ou, avec la théorie nouvelle des actions lentes, comme le commencement de synclinales et d'anticlinales futures, nous montrent que la croûte terrestre est bien loin d'avoir atteint la phase de solidité parfaite.

Puisque la solidification de notre planète n'est, relativement parlant, que superficielle, il faut que son intérieur soit encore à l'état demi-liquide visqueux ou de fusion. Tout au moins doit-il y exister autour d'un noyau central solide (formé, suivant Hopkins, des substances les plus pesantes et les plus réfractaires) *une mer de lave continue* sur laquelle repose la croûte terrestre.

Je ne sais que trop que cette nouvelle démonstration de la fluidité intérieure de la terre ne persuadera pas la plupart des défenseurs de la théorie opposée. *Habent sua sidera hypotheses*, et celle de la mer de lave n'est pas à la mode pour le moment. La mode malheureusement qui semblerait ne pas devoir se mêler de science, s'en mêle souvent et beaucoup. — Ici je ne peux me passer de raconter un fait qui m'est arrivé : Un certain professeur de géologie qui avait voulu lire mon manuscrit, est arrivé jusqu'à ce point, mais là il s'est arrêté brusquement, m'a accusé d'ignorer les progrès de la science, puis, me traitant de rétrograde, est parti sans vouloir m'écouter. Je pense bien que d'autres professeurs du même genre, une fois arrivés à cet article, jetteront de côté ce mémoire, me disant ignorant et peut-être hérétique. Je déclare que je n'écris pas pour ceux-là ni pour ceux qui ont fait serment

tôt supérieure qu'inférieure à celle des volcans terrestres. Par conséquent la colonne de feu qui dans nos volcans s'élève à 2,000 mètres environ, pouvait fort bien dans les volcans lunaires atteindre 20,000 mètres et peut-être davantage.

in verba magistri. S'il en est toutefois qui veuillent condescendre à me combattre, j'accepterai volontiers la discussion. Mais je n'admettrai la fausseté de l'hypothèse soutenue par Humboldt, de Beaumont, Babinet et tant d'autres savants illustres, que lorsqu'on aura avancé des faits nouveaux et des hypothèses plus évidentes que celles qu'on a données dans ces dernières années. Ces faits me semblent peu décisifs, comme les hypothèses sont peu vraisemblables.

Ayant l'habitude de justifier ce que j'avance, j'ouvre ici une parenthèse pour parler des volcans et exposer mes idées sur le mécanisme des éruptions, car le volcanisme est le pivot des deux théories opposées. Si, comme je l'espère, je puis convaincre le lecteur que les faits sont bien comme je le pense, l'évidence même de mes hypothèses sur les tremblements de terre sera doublement mise en relief.

§ 2. Les grands savants qui, sur la fin du siècle passé et au commencement de notre siècle, ont créé la géologie et la physique terrestre, les élevant par leurs nombreux écrits au rang de sciences exactes, eurent tous plus ou moins le tort de vouloir expliquer par un petit nombre d'hypothèses hardies, les phénomènes multiples que notre globe a présentés et présente toujours. Il est arrivé par la suite que l'examen plus détaillé de certains faits et la découverte de nouvelles lois ont jeté des doutes sur ces suppositions, et que, en cela comme en bien d'autres choses, une réaction s'est produite qui les a toutes rejetées, comme de folles élucubrations d'alchimistes du moyen âge.

Les deux frères Humboldt, Léop. de Buch, Élie de Beaumont, disaient que les éruptions volcaniques étaient

produites par des *bouleversements considérables et profonds* de la pyrosphère.

De Saussure, Poulet, Scrope, Lyell, Darwin et autres, ont objecté justement que, si cette cause était la vraie, on devrait observer des éruptions simultanées et générales de tous les volcans du globe, ou tout au moins de tous les volcans d'une même région, tandis que c'est précisément l'inverse qui a lieu.

Des chimistes distingués ont découvert ensuite qu'on peut admettre que chaque éruption volcanique est composée pour quatre cinquièmes au moins de vapeur d'eau et que, même dans les laves, l'eau se trouve en grande quantité à l'état sphéroïdal. Ils en ont conclu que c'est précisément cette eau ou plutôt sa vapeur portée à une tension extraordinaire, qui est la cause du phénomène. Ils ont découvert en outre dans les matières rejetées tous les éléments de l'eau de mer, et, comme presque tous les volcans s'élèvent ou sur les îles ou le long des côtes, ils ont pensé que l'eau doit pénétrer dans les volcans par infiltration depuis le fond de la mer [1].

Quelques géologues ne pouvant concilier avec ces faits l'idée de la pyrosphère, on fini par l'exclure tout à fait de la science. Ils ont émis l'hypothèse encore plus étrange

[1] Fouqué a calculé que la quantité d'eau rejetée à l'état de vapeur par l'Etna, en 1865, et dans l'espace d'un peu plus de 100 jours, a été de 2,160,000 mètres cubes. D'après Sainte-Claire Deville, ce qu'on appelle la fumée serait composé pour $^{999}/_{1000}$ de vapeur d'eau. Un illustre géologue, M. Daubrée, a montré expérimentalement que l'infiltration de l'eau par capillarité à travers la croûte terrestre, peut se produire même contre une pression énergique de vapeur. Il a prouvé que la chaleur toujours croissante que l'eau rencontre n'empêche pas l'infiltration mais au contraire la facilite.

De plus, des masses énormes d'eau peuvent être englouties dans les crevasses qui se forment lors des grands tremblements de terre.

des foyers indépendants les uns des autres, localisés à une petite profondeur, et existant au-dessous de chaque volcan. Pour expliquer ces réservoirs inépuisables où la chaleur se renouvellerait sans cesse, on a supposé des réactions chimiques perpétuelles entre des éléments qui devraient être aussi inépuisables.

Sans doute, les éruptions se préparent à des profondeurs qui ne sont point grandes, et leur cause n'est pas dans de *grands bouleversements* de la pyrosphère. Cependant l'indépendance réciproque des volcans peut s'expliquer sans admettre ces *lacs de lave fermés et distincts*. — La vieille théorie de la *mer de lave* unique explique mieux l'uniformité générale de la composition chimique des laves, et leur renouvellement continuel.

Il suffit d'admettre qu'un volcan n'est pas, comme on le croyait, une soupape de sûreté de toute la partie intérieure de la terre, mais bien l'ouverture, le *robinet* pour ainsi dire, par où s'échappent la vapeur d'eau et les gaz accumulés dans des cavités latérales, situées sous la croûte terrestre. Ces cavités sont tout à fait fermées en haut par cette croûte même, et en bas par la mer de lave : elles sont placées par rapport au cratère voisin de telle façon que les vapeurs ne peuvent se dégager qu'en chassant devant elles une partie de la lave de la mer interne, qui bouche le fond du cratère.

En un mot, je pense que le mécanisme des éruptions volcaniques est analogue à celui des éruptions des geysers. Le lecteur connaît ces fontaines chaudes intermittentes, il est inutile de les décrire; j'en exposerai seulement le mécanisme tel que Mackenzie l'a deviné, en le complétant seulement sur quelques points. Prenons pour type le *Grand geyser* d'Islande, qui présente les phénomènes les plus merveilleux et en apparence les plus singuliers.

On voit au sommet d'un cône formé d'incrustations siliceuses, ayant 10 mètres de hauteur et 70 mètres de diamètre, un bassin circulaire d'un diamètre de 13 à 14 mètres. Au fond du bassin s'ouvre un canal qui s'enfonce verticalement dans le sol à une profondeur d'environ 23 mètres sur une largeur de 3 mètres.

Aux périodes de plus grand calme, c'est-à-dire immédiatement après l'éruption, l'eau occupe seulement la moitié de ce canal; elle est tranquille et limpide, quoique sa température dépasse 90° C. Elle monte *graduellement, lentement* pour atteindre l'ouverture du canal, d'où elle déborde formant un ruisseau. En même temps la température s'élève d'une manière uniforme, atteignant, en peu d'heures, le maximum de 127° C.

L'éruption ne se renouvelle que toutes les 24 ou 30 heures; elle est précédée quelques heures avant, de pseudo-éruptions et accompagnées de mugissements. En même temps l'eau bondit, et une *bouffée de vapeurs* est lancée au dehors. L'éruption véritable, beaucoup plus considérable est accompagnée de bruits souterrains, de secousses par saccades, etc ; en un mot de presque tout le cortège de phénomènes qu'on observe dans les éruptions volcaniques. Seulement, dans ce cas, l'émission de vapeur d'eau, au lieu d'être accompagnée d'une émission de lave, est précédée par un jet d'eau, ayant le diamètre du tube, qui peut atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur.

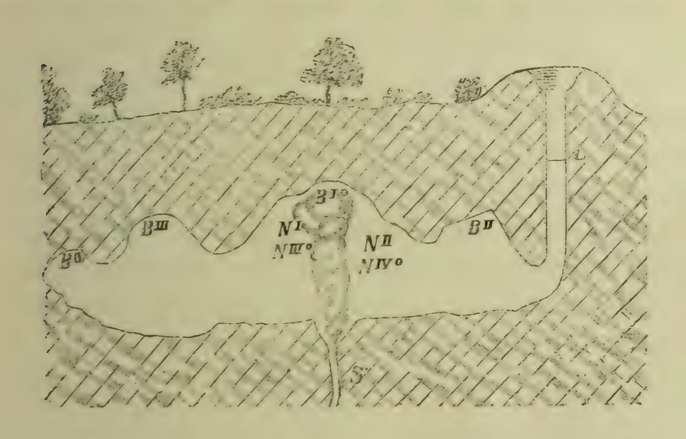
Une fois que l'éruption a eu lieu, et elle ne dure que quelques minutes, toute cette eau rentre du réservoir dans le canal, et redescend à son niveau minimum primitif.

Voici comment ces différents phénomènes peuvent s'expliquer :

Il doit y avoir au-dessous de ce geyser une cavité pro-

duite sans doute par les eaux, comme presque toutes les autres, peu large, mais très longue, peut-être de plusieurs hectomètres. Cette cavité doit avoir une forme telle, que la vapeur d'eau, s'accumulant dans les vides au-dessus de l'eau, est obligée, pour sortir, de passer au-dessous du niveau de cette eau même. En un mot, ce sera une caverne disposée à peu près comme l'indique la figure suivante.

Le bassin souterrain est alimenté par une petite source S, qui vient d'une grande profondeur, qui est à une haute température et chargée de vapeurs. Ces vapeurs se ras-



semblent d'abord dans l'espace vide B I, au-dessus de la source; leur volume augmentant toujours, le niveau de l'eau baissera dans la cavité de N I à N II, et s'élèvera en même temps dans le tube de sortie depuis L jusqu'au niveau du sol. Une fois que la vapeur a atteint le niveau N II, elle pourra pénétrer brusquement dans la cavité B II, remplie jusqu'alors d'eau qui y était refoulée et de vapeur confinée seulement dans sa partie supérieure. Il en résultera un soubresaut dans la masse liquide, par suite duquel une

bulle de vapeur pourra s'échapper dans le tube vertical. Une oscillation semblable, suivie d'une seconde bouffée, pourra se renouveler toutes les fois que la vapeur, par suite de l'abaissement progressif du niveau de la nappe d'eau pourra pénétrer successivement dans les cavités B III et B IV.

La véritable éruption a lieu lorsque la vapeur, ayant atteint le niveau de N IV, réussit à se frayer un chemin; elle se précipite alors en *masse* poussant devant elle l'eau renfermée dans le tube.

Outre le *grand geyser* dont nous venons de parler, il y en a plusieurs plus petits en Islande, même aux États-Unis et à la Nouvelle-Zélande. Dans ces geysers les éruptions ont des périodes courtes et régulières. Il en est même quelques-uns chez lesquels on peut provoquer une éruption, en tirant près de la bouche du cratère un coup d'une arme à feu chargée à poudre.

Le mécanisme est toujours le même (sauf peut-être en ce qui concerne la répartition multiple des cavernes, qui semble un caractère exclusif du grand geyser). Il y a cependant cette différence que, dans les petits geysers, la bouche inférieure du tube de dégagement plonge si peu dans l'eau du bassin interne, qu'il suffit d'une pression légère de la vapeur, d'une oscillation de l'eau dans le tube, pour que la vapeur trouve une issue au dehors.

Supposons maintenant à la place de la petite caverne fermée et presque superficielle des geysers, une cavité très vaste placée au-dessous de la croûte terrestre, où les vapeurs et les gaz peuvent s'accumuler ; supposons aussi, à la place du petit lac d'eau bouillante, la mer de lave et un cratère disposé comme l'orifice des geysers, nous aurons évidemment alors un volcan.

Si l'embouchure inférieure du cratère plonge très peu dans la mer de lave, et si la cavité dans laquelle les vapeurs s'accumulent est peu éloignée, les éruptions seront fréquentes et peu considérables. Mais si l'embouchure plonge beaucoup dans la mer de lave, de grandes éruptions auront lieu à des intervalles très longs [1]. Seulement, ces éruptions ne se produiront pas à des intervalles égaux, comme dans les geysers ; et cela, en premier lieu, par le fait que des circonstances multiples peuvent augmenter ou diminuer l'infiltration des eaux, tandis que, dans les geysers, tout prouve que l'eau arrive de sources ayant, comme toutes celles qui proviennent de grandes profondeurs, un jet régulier; en second lieu, par le fait que dans les volcans, une fois l'éruption terminée, la lave bouche le cratère et le solidifie à la partie supérieure.

Les autres différences qui existent entre les éruptions des volcans et celles des geysers, et qui, à première vue, sembleraient exclure toute analogie, peuvent s'expliquer par le peu de fluidité de la lave.

[1] Le Stromboli, le Sangay, l'Izalco rentrent dans le premier cas; l'Etna, l'Hécla, etc. dans le second.

Le fait suivant confirme aussi ma théorie. Les laves des volcans en activité continuelle sont les moins pesantes, tandis que celles de l'Etna et de l'Hécla sont les plus pesantes. Si, comme le veulent le bon sens et l'expérience, les matières qui forment notre globe augmentent de poids en raison de la profondeur où elles se trouvent; il faut en conclure que la lave moins pesante (je dirais presque l'écume de la masse incandescente) sort des volcans toujours actifs, et que la lave la plus pesante et qui vient d'une profondeur bien plus grande, sort des autres volcans, comme l'Etna et l'Hécla.

Sartorius de Waltershausen a calculé que le poids spécifique de la lave de l'Etna est 2,910 environ, et que, par conséquent, le cratère doit avoir une profondeur de 124 kilomètres.

Je n'en dirai pas davantage, me réservant de développer dans un autre mémoire cette théorie que j'ai à peine pu esquisser ici. Revenons maintenant à l'étude des tremblements de terre.

§ 3. J'ai dit que si notre globe était déjà complètement à l'état solide, il devrait exister un vide sous la couche extérieure et tout autour du noyau central ; et j'ai ajouté qu'on a toutes les raisons de croire que la partie solide n'est autre chose qu'une croûte superficielle [1]. Je crois de plus avoir suffisamment montré, par l'exemple des volcans, que cette croûte ne s'appuie pas partout sur la mer de lave, mais que des cavités très vastes peuvent et doivent exister çà et là entre les parties solides et la partie semi-liquide. Une fois ces vides immenses admis, on est obligé de conclure que la croûte terrestre, dans les endroits où elle adhère à la masse incandescente, s'y appuie, à peu près comme la glace sur l'eau ; mais il est clair qu'elle ne lui est pas liée par une adhérence aussi forte que celle qui réunit entre elles les diverses couches solides. Cela posé, tous les phénomènes variés des grands tremblements de terre s'expliquent avec une grande facilité.

[1] L'hypothèse que la terre a son intérieur à l'état de fusion est combattue par plusieurs savants, parce que, d'après certains calculs, basés sur un prétendu *accroissement* régulier de température dans la croûte terrestre, en raison d'un degré centigrade pour 33 mètres, on serait forcé d'admettre, pour le centre de la terre, une température de 195,000 degrés ; c'est-à-dire une température 180 fois plus grande que celle du fer en fusion. Ces calculs reposent sur une base fausse. Des observations soignées et récentes montrent que la température n'augmente pas régulièrement, mais que son accroissement tend à s'arrêter à une certaine profondeur. Il est donc évident que, dans le noyau intérieur, la température, bien qu'élevée, ne doit pas atteindre les valeurs rêvées par quelques auteurs.

Il suffit de supposer que, par une cause quelconque, de gros fragments se détachent des couches les plus profondes de la croûte terrestre ; il est facile d'imaginer des causes capables de produire un tel effet : des explosions de gaz qui se dégagent entre les couches, des agents chimiques qui les rongent ou les transforment, la contraction lente qui tend à plisser la croûte terrestre, etc., etc.

Examinons maintenant ce qui doit en résulter, et tâchons de prouver que les effets produits doivent être équivalents à ceux qu'on observe dans les grands tremblements de terre.

§ 4. Nous avons vu que le caractère le plus saillant des grands tremblements de terre est que leurs secousses ondulatoires se propagent sur des zones très vastes, et quelquefois même sur des continents entiers.

J'ai déjà dit que les fortes oscillations horizontales ne peuvent s'expliquer qu'en admettant *un déplacement brusque et latéral du centre de gravité de la région.* J'ai montré en outre avec assez d'évidence, que l'hypothèse des masses tombant de la voûte des cavernes, hypothèse qui, parmi toutes celles qui ont été avancées, explique le mieux l'allure ordinaire du mouvement ondulatoire, n'est appliquable qu'aux tremblements de terre d'une extension périmétrique très restreinte.

Si au contraire les blocs se détachent au-dessous de la croûte terrestre, on peut admettre d'abord que ces blocs soient excessivement grands, des milliers et des milliers de fois plus grands que ceux qui pourraient se séparer de la voûte d'une caverne quelconque, si vaste qu'on veuille la supposer ; ensuite on voit que *les oscillations seront également partagées par toutes les couches qui for-*

ment la croûte terrestre et pourront se propager à des distances très grandes [1].

§ 5. L'hypothèse que j'avance explique aussi le fait, que les mouvements par saccades apparaissent les premiers et que les secousses ondulatoires viennent après. Elle explique comment ces dernières semblent partir de la chaîne la plus voisine et la plus importante de la région, et comment sur la fin du tremblement de terre, apparaissent d'autres secousses ondulatoires, ayant une intensité et une étendue périmétrique beaucoup plus petites, et une direction diamétralement opposée.

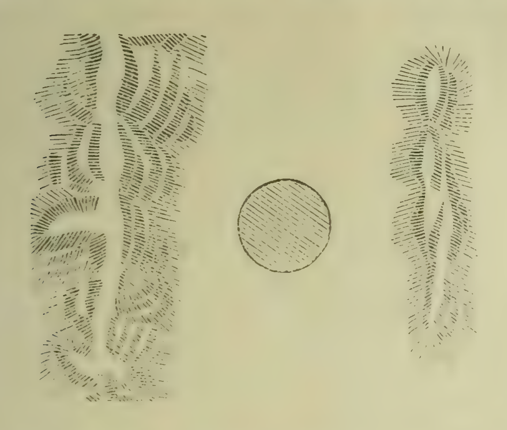
Supposons une vaste plaine limitée du côté ouest, par une grande chaîne de montagnes, et à l'est par une petite chaîne de collines. Supposons que, comme dans la carte topographique idéale que je donne ici, une couche épaisse et très large se détache au-dessous du territoire marqué d'un cercle noir.

Le premier mouvement sera une oscillation de bas en haut, engendrée par l'élasticité de la partie de la voûte terrestre, dont le poids est subitement diminué. Cette oscillation ne s'étendra pas beaucoup en dehors des limites du cercle, car les régions environnantes ne prennent part au phénomène qu'en vertu de leur cohésion avec la région centrale.

En même temps que ces premières oscillations verticales s'effectueront, des ondes horizontales partiront de

[1] Si la masse se détache sur un point de la croûte terrestre qui s'appuie immédiatement sur la mer de lave, la force des oscillations sera de beaucoup diminuée par l'adhérence et la viscosité de la lave. Mais en tout cas, cet obstacle ne peut pas se comparer à l'autre, bien plus considérable, que l'oscillation de la voûte d'une caverne rencontre à la base de celle-ci, où les couches se joignent dans un ensemble tout à fait intime et d'une résistance énorme.

de toutes les régions situées autour du cercle, en se dirigeant vers le centre de celui-ci. Comme la région monta-



gneuse à l'ouest est nécessairement la plus pesante, elle commencera, dominera et dirigera le mouvement. Il y aura une onde partant de l'ouest avec laquelle se fusionneront les ondes plus petites du nord-ouest et du sud-est qui auraient, étant isolées, une direction très oblique. Seules les ondes provenant des collines à l'est, ne seront pas comprises dans la fusion, ayant une direction diamétralement opposée, et de même les ondes qui viennent des régions situées au nord et au sud du cercle, leur direction étant perpendiculaire.

La vitesse de l'onde est en rapport direct avec le volume de la masse qui les produit : par conséquent, quoique toutes ces ondes aient commencé au même moment ou à peu près, l'onde provenant des montagnes de l'ouest arrivera la première, et ensuite celle des collines à l'est ; enfin en même temps celles venant du nord et du sud [1].

[1] Le prof. Stefano de Rossi, dont les belles découvertes ont fait

L'onde principale, celle qui vient des montagnes, une fois arrivée au centre, passera au delà, et après s'être propagée au loin vers l'est, elle se réfléchira en arrière, en vertu des mêmes lois qui règlent l'oscillation des pendules. Si, par la suite, l'onde, venant des collines et des plaines latérales, se fusionne comme c'est probable avec l'onde principale en mouvement rétrograde, la secousse que la région centrale ressentira sera aussi forte et peut être plus dangereuse que la première. Il n'en sera pas de même pour les ondes suivantes, car leur force s'épuise contre la résistance opposée par la croûte terrestre, et par le fait qu'une oscillation doit, d'après les lois dynamiques, s'affaiblir graduellement.

Là où les ondes venant de l'ouest et de l'est se rencontrent avec celles venant du sud et du nord, le sol s'agite comme la mer dans une tempête. Ce sont justement leurs directions différentes qui doivent donner lieu aux phénomènes singuliers qu'on attribue au mouvement en tourbillons ou rotatoire. — Je pense aussi qu'il faut attribuer à cette collision les fissures du sol rayonnant vers un centre commun, de même que les fissures, les sauts et autres bouleversements semblables du sol, dont on trouve des exemples frappants dans les tremblements de terre de Calabre, du Pérou, etc.

Si la position des masses qui se détachent coïncide avec l'axe de la chaîne des montagnes (supposons par exemple en A) on aura les phénomènes que présentent les tremblements de terre du centre des Apennins. La direction des ondes sismiques les plus puissantes sera perpen-

faire de grands progrès à la sismologie, a trouvé que la vitesse des ondes principales est précisément le double de celle des ondes perpendiculaires. Voir *Bolletino del vulcanismo italiano.*

diculaire à la direction de la chaîne, parce que, dans ce cas, les grandes masses au nord et au sud tendent à se mouvoir vers le point A. Comme les masses relativement plus petites (c'est-à-dire plus petites à distance égale) des plaines latérales participent les premières à ce mouvement, les ondes seront parallèles aux plaines [1].

[1] Ceux qui voudront soumettre ma théorie à l'épreuve de l'expérience, trouveront ici la description de l'appareil qui m'a servi pour des recherches de ce genre.

Pour se placer dans des conditions suffisamment voisines de celles de la nature, il faudrait avoir une calotte sphérique de dimensions considérables, c'est-à-dire ayant au moins 8 mètres de diamètre, faite d'un métal parfaitement homogène et d'une épaisseur uniforme, afin que l'élasticité soit uniforme dans toutes les parties de la calotte. Si l'on emploie des calottes de petites dimensions, l'élasticité étant naturellement faible, les oscillations verticales sont à peine sensibles et les horizontales échappent tout à fait.

Toutefois comme mes ressources ne me permettaient pas d'expérimenter dans de telles conditions, j'ai cherché à augmenter l'élasticité d'une petite calotte, en enlevant sur quatre points opposés, quatre triangles égaux. J'ai obtenu une figure composée de deux arcs de cercle se rencontrant à angle droit, et tenus en place par un petit cercle qui est le reste de la base de la calotte primitive. J'ai soudé la calotte, par sa base, sur une table parfaitement horizontale.

Voici comment j'opère. Sur le milieu de l'un des arcs, je fixe de petits cônes disposés en série, figurant une chaîne de montagnes en miniature. J'ai soin de les placer bien isolés, pour que l'élasticité de la zone ne soit pas diminuée. A une petite distance de ces cônes et au-dessous du second arc j'attache un poids représentant le bloc qui se détache des couches les plus profondes de la croûte terrestre. Enfin, quelques petites boules sont suspendues de place en place comme des pendules.

Tout étant ainsi disposé, je brûle avec une allumette le fil qui soutient le poids : les pendules indiquent le mouvement par saccades et le mouvement ondulatoire des vrais tremblements de terre, avec toutes les principales circonstances qui les caractérisent. La direction des oscillations horizontales est toujours perpendiculaire à la chaîne de montagnes. La première oscillation part de celles-ci ;

§ 6. On explique aussi de la manière la plus nette soit l'intensité extraordinaire des ondes sismiques qui ont lieu quelques jours avant le cataclysme, soit les très petites secousses qui le précèdent et les bien plus grandes qui le suivent. Il est certain en effet que, quelque soit la cause de la chute de ces masses, cette chute doit avoir été préparée par un travail lent. Il s'ensuit que des chutes de petits blocs peuvent et doivent précéder et suivre la catastrophe.

Supposons une voûte sphérique, par exemple, dont la forme se rapproche de celle de la croûte terrestre; pour que l'analogie soit plus grande supposons la formée de plusieurs couches concentriques. Si, à la suite d'une érosion lente, un fragment se détache de la couche intérieure, de petites fissures apparaîtront d'abord de ce côté de la voûte, car le phénomène commence toujours par une déformation locale. Un instant avant la grande chute de petits fragments se détacheront ; et après la chute il y aura très probablement d'autres parties plus petites qui, au commencement restées adhérentes, au reste de la coupole, tomberont après quelques heures ou tout au plus après quelques jours [1].

c'est-à-dire de gauche à droite, si le poids tombant est à droite ; et inversement s'il est à gauche. Si l'on suspend le poids au centre des deux zones, comme il se trouve sur l'axe de la chaîne de montagnes, on voit se reproduire les phénomènes caractéristiques de ces tremblements de terre singuliers, qui parfois ébranlent les vallées des Apennins. La direction des ondes est parallèle à celle de la chaîne ; cependant dans ce cas aussi, il m'a paru que les masses les plus grandes déterminaient la première secousse et aussi la plus forte.

[1] Je pourrais citer un grand nombre de faits confirmant ce point de ma thèse, mais, pour être bref, je me bornerai aux tremblements de terre célèbres des *Calabres* en 1783.

Une fois que tous les fragments ébranlés sont tombés, si les couches qui forment le reste de la coupole sont assez solides, pendant longtemps on n'aura plus d'autres chutes. Cela se produit aussi dans la croûte terrestre. En

Le premier, qui produisit les plus grands dégâts, éclata le 5 février un peu après-midi. Toute l'Italie inférieure et la Sicile en furent ébranlées, mais il ravagea surtout la région appelée *Plaine de Calabre* (Piana di Calabria).

Le second tremblement de terre eut lieu le jour suivant, à une heure du matin ; il fut aussi très fort, mais pas autant que le premier. — Messine en souffrit beaucoup, Reggio et Scilla encore plus.

Le lendemain (7 février) une troisième forte secousse se produisit dévastant surtout la région de Monteleone.

Le quatrième tremblement de terre, le dernier parmi les très forts, eut lieu le 28 mars. Son centre était à Girifalco et Borgia.

Le territoire de Reggio et Scilla a ses frontières sur la Plaine de Calabre, et il est situé au sud-ouest de celle-ci. La région de Monteleone est aussi contiguë à la même Plaine, mais s'étend vers le nord. La région de Girifalco et Borgia a ses frontières sur cette dernière région, et s'étend vers le nord-est.

Je ne veux pas affirmer cependant, que les nombreux petits tremblements de terre qui ont dévasté ensuite les Calabres, durant le reste de 1783 et une partie de 1784, puissent exclusivement s'expliquer par ma théorie.

Dans tous les grands tremblements de terre, la partie de la croûte terrestre qui est la plus ébranlée se bouleverse de fond en comble.

Il se peut donc que, immédiatement ou quelque temps après, des éboulements aient lieu, soit dans les montagnes, soit dans les cavités internes. En outre, par la chaleur et l'électricité produites par le mouvement des roches, une quantité énorme de gaz peut se dégager des hydrocarbures et des charbons contenus dans le sol. Si ensuite ce gaz fait explosion, il engendre à son tour de nouvelles secousses. — Ajoutons-y la commotion ressentie par la masse de lave et les vapeurs renfermées entre celle-ci et la croûte terrestre, et nous aurons un ensemble de causes qui suffit à expliquer le nombre extraordinairement grand des secousses qui, dans les deux années précitées, tourmentèrent les deux Calabres.

De même le grand tremblement de Bellune, du 29 juin 1873, fut suivi par quelques petits tremblements, ayant leurs centres respectifs autour du premier foyer sismique.

effet il résulte d'observations nombreuses qu'un tremblement de terre redoutable ne s'est presque jamais renouvelé dans la même région. Le prof. M.-S. de Rossi, dans son *Bollettino del volcanismo*, dit à ce sujet, que ce fait ne s'est pas même présenté une fois sur 10,000.

§ 7. L'influence de l'attraction luni-solaire qui est une grande difficulté dans les autres hypothèses, — tellement que pas un de leurs défenseurs n'a encore essayé d'en donner une explication quelconque, — s'explique tout naturellement dans ma théorie.

La séparation d'une portion quelconque de la couche inférieure de la croûte terrestre, soit qu'elle ait lieu par l'effet de vapeurs se dégageant dans les couches, soit par des érosions ou par d'autres causes, est presque toujours préparée graduellement. Lorsque la catastrophe est imminente, une force étrangère, même très faible, qui vient s'ajouter aux autres, pourra déterminer ou tout au moins accélérer le moment du phénomène. Supposons que la couche se sépare de la partie de croûte terrestre sur laquelle Londres est bâtie. Il est beaucoup plus naturel qu'elle tombe, lorsque le soleil est du côté opposé, c'est-à-dire aux heures voisines de minuit, plutôt que durant le jour; car dans les heures diurnes, l'attraction solaire aurait plutôt une tendance à maintenir la couche à sa place.

On s'explique de la même manière le fait que les tremblements de terre sont plus nombreux à l'époque des quadratures lunaires, qu'au moment de la nouvelle lune. Dans le premier cas, l'attraction lunaire s'oppose à l'attraction solaire, tandis que dans le second cas elle la renforce.

Comme l'attraction lunaire est bien peu de chose, en

comparaison de l'attraction solaire, la concordance du terrible phénomène avec les phases lunaires est peu apparente ; mais, nous ne pouvons pas mettre en doute l'influence de l'attraction solaire, car il résulte d'observations exactes et nombreuses, que les deux tiers environ des tremblements de terre ont lieu pendant la nuit.

§ 8. J'explique de la manière suivante le fait de la persistance des tremblements de terre endogènes, sur quelques zones volcaniques.

Les découvertes récentes de la géologie ont mis en évidence que, contrairement à l'opinion répandue précédemment, les volcans s'élèvent sur les synclinales les plus vastes, tout le long des ruptures de la croûte terrestre, résultant de sa contraction. La géologie nous apprend de plus que, tandis que sur les anticlinales les couches superficielles ont été rompues et les inférieures comprimées, sur les couches synclinales c'est l'opposé qui est arrivé. Comme nous avons des régions montagneuses sillonnées par des ruptures immenses dans lesquelles coulent à présent les torrents et les fleuves, nous pouvons en déduire par analogie, que des fissures semblables doivent se trouver dans les couches les plus profondes des synclinales, sur lesquelles sont placées les volcans.

Il en résulte que c'est sous les anticlinales, que les couches inférieures présentent la plus grande résistance, et, sous les synclinales, que cette résistance est la plus faible. Dans le premier cas les couches se supportent réciproquement, formant comme une voûte ; dans le second cas, les pièces qui constituent les couches inférieures restent suspendues à la croûte terrestre par la simple force d'adhésion.

On peut donc, d'après ces considérations, s'expliquer

la grande fréquence des tremblements de terre *endogènes*, dans les régions voisines des volcans, même sans supposer qu'ils soient produits par les volcans eux-mêmes.

J'admets aussi qu'il puisse exister un lien entre les volcans et les tremblements de terre *endogènes ;* mais il ne me semble pas qu'il doive y avoir cette relation de cause à effet, qui existe évidemment pour les tremblements de terre *volcaniques.*

Il est prouvé que quelques grands tremblements de terre survenus dans les régions volcaniques ont été suivis immédiatement ou à peu près par des éruptions. Cela cependant peut s'expliquer en admettant que, dans les grandes secousses, des crevasses s'ouvrent sur le fond de la mer et se referment ensuite. Une masse énorme d'eau pénétrant par ces crevasses dans les cavités où les éruptions se préparent, cette eau augmente hors de mesure la pression des vapeurs. En outre les éruptions peuvent aussi être provoquées uniquement par la commotion que la masse des vapeurs et la surface de la mer de lave doivent subir, par suite des oscillations de la croûte terrestre. Dans ce cas, le phénomène aurait lieu, à peu près comme dans les petits geysers, lorsqu'on fait naître artificiellement de fortes oscillations dans l'eau de leur tube et de leur bassin intérieur.

Dans l'une ou dans l'autre de ces deux combinaisons, les éruptions seraient la conséquence des grands tremblements de terre et non pas leur cause comme quelques-uns l'ont affirmé. Ce qui est d'accord avec le fait que ce ne sont guère que de petits tremblements de terre intermittents et verticaux, agissant sur des aires relativement restreintes, que l'on peut attribuer à l'influence des volcans.

De même les soulèvements subits de quelques régions,

lorsqu'ils accompagnent les tremblements de terre, me semblent dus plutôt à ceux-ci qu'à l'action volcanique. La voûte d'une cavité, comme tout ce qui se trouve près de la surface de la terre, est attirée vers le centre de celle-ci. Cette voûte est élastique. La partie de la croûte terrestre, où la chute d'une couche a lieu, doit subir une diminution de poids et doit par conséquent éprouver un soulèvement stable, qui sera petit ou grand, suivant les cas. Et si dans beaucoup de tremblements de terre, même parmi les plus grands, on n'a pas constaté le phénomène, la raison est très probablement dans la difficulté que présente ce genre de mesure. Si la zone qui se soulève est dans l'intérieur d'un continent, on manque d'un point de repère ; si le soulèvement se produit près de la mer, l'alternative de marées plus ou moins hautes empêche de constater sûrement de petits changements d'altitude des côtes [1].

Je termine ici, car je crois avoir épuisé la thèse que je m'étais proposée. Aux savants qui voudront bien s'occuper de cette étude, je demande pardon des défectuosités et des insuffisances qu'ils pourront y rencontrer. Comme l'a dit Sénèque : « Non seulement dans cette question

[1] Humboldt cite dans son *Cosmos*, qu'au moment précis où le tremblement de terre détruisait Riobamba, le volcan Paxto, à 400 kilomètres loin de la ville, cessa d'un coup son éruption, quoique les secousses ne se fussent pas propagées jusque-là.

Il me semble, qu'en acceptant ma théorie, on peut expliquer ce singulier phénomène. La pression des vapeurs internes aurait diminué tout à coup, à cause du soulèvement de la partie de croûte terrestre qui a été la plus ébranlée.

Il paraît qu'un phénomène semblable eut lieu au Vésuve, au moment de la catastrophe de Lisbonne ; des notices précises manquent d'ailleurs à cet égard, et plusieurs auteurs nient ce fait.

difficile et complexe entre toutes, et où malgré les nombreuses recherches déjà effectuées, chaque âge trouvera encore de l'occupation ; mais aussi dans toute autre question, les commencements ont toujours été loin de la perfection. » De mon côté je serai très satisfait si quelque

« ..... Maestro di color che sanno [1] »

peut dire que j'ai réussi à jeter quelque lumière dans la profonde obscurité des phénomènes endogènes.

[1] Maître parmi les savants.

SUR UN CAS DE COMMENSALISME

D'UN

CARANX ET D'UNE CRAMBESSA

PAR

M. Godefroy LUNEL
Directeur du Musée d'histoire naturelle de Genève.

Le cas qui m'a fourni le sujet de ce travail se rapporte tout à la fois à des animaux appartenant à des classes bien différentes, les Poissons et les Méduses. Des travaux nombreux, et dont l'énumération ne saurait trouver convenablement sa place ici, ont été publiés par les naturalistes anciens et modernes, soit sur l'organisation et l'anatomie, soit sur le développement ou les caractères zoologiques des animaux de la dernière de ces classes. Je me bornerai donc à rappeler du moins en partie, ce qui peut avoir été dit sur leur genre d'alimentation.

Les Méduses se nourrissent de petits animaux nus et pélagiques, et même, suivant plusieurs auteurs, de petits poissons qu'elles saisissent et attirent vers leur bouche à l'aide de leurs tentacules, de leurs bras et des organes urticants dont ceux-ci sont munis. C'est ce qu'a supposé Spal-

lanzani [1], ayant vu un petit poisson collé à l'un des appendices d'une Méduse qu'il venait de saisir. Muller [2], Othon Fabricius [3], Dicquemare [4] et Bosc [5] disent avoir vu des Méduses digérer des poissons. Suivant Péron et Lesueur [6], les Méduses feraient leur proie journalière de poissons de 12 à 15 centimètres de long et, quoique leur estomac paraisse incapable d'avoir aucune espèce d'action sur ces derniers animaux, ceux-ci seraient digérés en quelques instants. Gaëde [7] a assuré avoir trouvé de petits poissons dans l'estomac des Méduses qu'il avait disséquées. Eysenhard et Chamisso [8] ont assuré également avoir rencontré plusieurs fois dans les ventricules des Méduses des têtes et des restes de poissons paraissant digérés. Le professeur de Blainville [9] a dit avoir trouvé quelquefois lui-même de petits poissons dans des Equorées et même dans des Rhizostomes, mais il s'est demandé si ces petits poissons avaient réellement été saisis par ces Acalèphes pour leur servir de nourriture ou bien s'ils ne s'y trouvaient pas par accident? Cuvier était de cette dernière opinion, du moins pour les Rhizostomes, ayant reconnu que ces animaux puisent leur nourriture par des espèces de suçoirs.

[1] *Opuscula di fisica animale vel vegetabile*, 1776.

[2] *Zoologia danica*, 1776-89.

[3] *Fauna groenlandica*, 1780.

[4] *Transact. philos.* et *Journal de phys. de Londres.* Mémoires sur plusieurs zoophytes.

[5] *Histoire naturelle des vers*, 1802 à 1815.

[6] Monographies des Méduses. *Ann. du Museum*, 1809, t. XIV, p. 325.

[7] *Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Medusen*, 1816, 8°, avec fig.

[8] *Mém. acad. Leopold cur. nat.* 1821, t. X, part. 2.

[9] *Dictionn. des sc. nat.* 1823, t. XXIX, p. 389 et suivantes.

Quoy et Gaimard [1], à propos des auteurs précités qui ont dit avoir vu des Méduses digérer jusqu'à des poissons, croient pouvoir assurer qu'un phénomène aussi compliqué de digestion est tout à fait impossible pour quelques espèces qui manquent d'organes convenables pour l'opérer. Ces savants citent à l'appui de leur assertion et comme en fournissant une preuve irrécusable, la capture qu'ils avaient faite d'une nouvelle espèce de *Dianea,* dans la Méditerranée, près des côtes de Valence et des Iles Baléares. Cette Méduse, dont la structure ne différait en rien de celle des autres radiaires du même genre, ne présentait aucune ouverture qui pût lui permettre de faire entrer une substance quelconque d'un volume appréciable. Quant à la figure donnée par Müller, et que d'autres auteurs ont reproduite, d'une Méduse avalant un poisson, Quoy et Gaimard disent qu'elle ne prouvait rien, car, ainsi que l'a fait remarquer Cuvier, ce poisson pouvait très facilement s'être introduit dans une ouverture presque toujours béante et n'offrant que peu de résistance.

Suivant Lesson [2], la proie des Méduses consisterait en petits poissons, etc., qu'elles frapperaient de stupeur par un liquide caustique pour cette proie, mais qui souvent n'aurait pas d'action sur l'homme, bien que certaines espèces soient vraiment urticantes au toucher. Le même auteur a dit avoir vu souvent la chair de poissons assez robustes absorbée par les parties de la Méduse qui se pressaient sur les écailles, les expulsant et décomposant à leur contact la matière charnue en une sorte de

[1] Voyage de l'Uranie, 1824. *Zoologie*, p. 559 et suivantes.
[2] *Hist. nat. des zoophytes acalèphes*, 1843, p. 162.

liquide sirupeux et rosé; enfin, cet auteur ajoute que les larges ouvertures inférieures auxquelles Peron donnait le nom de *cavités stomacales*, Lamark, Cuvier et de Blainville, celui de bouches, servaient aux Méduses à engloutir leur proie.

En 1848, me trouvant sur la plage de Maguelonne, près Montpellier, au moment où les pêcheurs avaient retiré leur filet avec plusieurs grands Rhizostomes; je remarquai, dans l'intérieur de l'une de ces Méduses, un poisson à peu près de la longueur du doigt, lequel donnait encore quelques signes de vie et se trouvait en parfait état de conservation, mais dont je n'ai pu me rappeler l'espèce. Je ne saurais dire non plus dans quelle cavité de la Méduse se trouvait logé le poisson. J'ajouterai que les pêcheurs redoutent beaucoup pour leurs filets l'action corrosive des Méduses.

Les Méduses ne sont pas comestibles et ne servent guère de nourriture qu'aux Actinies, qui les saisissent au passage à l'aide de leurs tentacules. Les Baleines, dit-on, en consomment les petites espèces en grande quantité qu'elles engloutissent dans leur énorme bouche avec d'autres animaux de différents types qui abondent dans les mers fréquentées par ces grands cétacés.

On a remarqué quelquefois des poissons nageant autour des Méduses et semblant les poursuivre, d'où l'on a pu croire que ces vertébrés suivaient ces dernières pour s'en nourrir. Le professeur Cocco [1] a le premier fait connaître un poisson de la Méditerranée qui, vers la fin de 1834, s'était montré tournoyant autour d'une quantité de Méduses qui cette année avaient envahi les parages de

[1] In Giorn, *Innom. Mess. Ann.*, 111, n° 7, p. 59.

Messine. Le fait fut examiné peu de temps après par le même professeur, lequel, à la suite de nouvelles observations, crut devoir donner à ce poisson le nom spécifique de *Medusophagus, Mangeur de méduses,* à cause de son avidité, suivant lui, à se nourrir des tentacules filiformes de ces orties de mer, et sous celui générique de *Schedophilus*, qui signifie *amateur de l'ombre.* Il ajoute que quelques pêcheurs siciliens l'appellent *Pisci d'Umbra,* tandis que d'autres le nomment *Pisci Purcu,* poisson porc.

M. le Dr Albert Günther [1] a décrit et donné une figure coloriée d'un *Schedophilus medusophagus,* conservé dans l'esprit de vin, qu'il avait reçu en mai 1882 de la part de son ami, M. G. Douglas Ogilby, avec les notes suivantes : « Ce poisson que j'ai eu entre les mains fut pris pendant « la seconde quinzaine d'août 1878 dans un filet à saumon « à Portrush, comté d'Antrin, en Irlande. Aucun des pê- « cheurs engagés dans cette pêche n'en avait vu de pareil. « C'était le poisson adulte le plus délicat que j'eusse jamais « touché, tellement que 24 heures après sa capture la peau « du ventre avec les intestins tombaient quand on le soule- « vait et il était tout à fait doux et mou au toucher. Son « estomac contenait du fretin de harengs. Je dois mention- « ner que peu de jours après je reçus aussi à Portrush un « beau spécimen de Thon. » M. Günther ajoute que le poisson procuré par M. Ogilby était un bel exemplaire du *Schedophilus medusophagus,* genre qui, depuis qu'il est connu, n'avait pas été rencontré près des côtes d'Angleterre. Cette espèce a été ensuite trouvée dans l'Atlanti-

[1] *Trans. of the zool. Society of London*, t. XI, part. 7, n° 2, p. 223. October, 1882, pl. 47.

que[1] et tout à fait récemment dans la mer du Sud[2], près Samoa (Polynésie). C'est évidemment un poisson pélagique qui, à l'état adulte, descend à quelque profondeur; le manque de fermeté dans les tissus, bien décrit par Ogilby, semble démontrer clairement que c'est un poisson de mer profonde, mais nous ne connaissons pas exactement la profondeur à laquelle il peut descendre, et qui probablement ne dépasse pas une centaine de brasses. Comme chez d'autres poissons des mers profondes, les jeunes de cette espèce sont trouvés plus fréquemment à la surface que les adultes, qui sont très rares. Ils suivent les objets flottants à la surface de la mer, soit qu'ils trouvent auprès d'eux une protection réelle ou imaginaire, ou encore qu'ils soient attirés par leur goût pour les animalcules qui s'amassent autour des dits objets; c'est ce qui a fait supposer que ces petits poissons suivaient les Méduses.

Quant à l'opinion exprimée par le nom spécifique de notre poisson, c'est-à-dire qu'il suit les Méduses dans l'intention de s'en nourrir, elle ne saurait être exacte, attendu que le poisson ne tirerait que peu de nourriture de ces animaux. Enfin, selon M. Günther, le poisson recueilli par M. Ogilby suivait probablement un banc de fretin de Clupéides qui, chaque année, voyagent de la pleine mer vers les côtes d'Angleterre, et sont suivis par nombre de poissons venant du sud, lesquels fondent sur eux et sont tour à tour poursuivis par d'autres poissons pélagiques plus grands, tels que les Thons et autres Scombéroïdes.

[1] *Cat. of the Fish.* 2, p. 412. Lütken, *Vid. Selsk. Sk.* 1880, p. 525.

[2] *Fische d. Sudsee*, p. 149.

M. le prof. H. Fol a donné au Musée de Genève deux individus, dont un très jeune, du *Schedophilus medusophagus* qu'il avait recueillis dans le golfe de Messine, pendant qu'il s'y livrait à ses études sur le développement des animaux inférieurs de la Méditerranée. Ce savant a bien vu ces poissons nager autour des Méduses; mais il n'a jamais remarqué que ce fut pour s'en nourrir, pas plus qu'il n'a vu ces dernières faire leur proie des premiers. M. le Dr Fol ne croit donc pas que les Méduses puissent manger des poissons si petits qu'ils soient; ces Acalèphes, d'une organisation si simple et si peu résistante, ne possèdent pas des organes digestifs assez puissants pour digérer une proie aussi consistante. Les Actinies mêmes dont les tissus et les organes de la nutrition sont mieux constitués et mieux développés que chez les Médusaires, ne digèrent souvent qu'en partie les petits poissons et les autres petits animaux dont elles peuvent s'emparer et en rejettent les parties tant soit peu dures.

Les observations suivantes pourront fournir tout à la fois des données fort intéressantes sur les mœurs de certaines espèces de poissons et une explication, peut-être plus concluante que celle qu'on a donnée jusqu'ici, de leurs manœuvres auprès des Méduses.

Dans un envoi d'objets de l'île Maurice fait au Musée de Genève par M. de Robillard en mai 1882, se trouvaient réunis et conservés dans l'esprit de vin un *Caranx melampygus*, C. V. [1] et une *Crambessa palmipes*, Hæckel [2]. Le premier de ces animaux était engagé par la plus grande partie du corps dans les ouvertures formées par les qua-

[1] *Histoire naturelle des Poissons*, 1833, t. IX, p. 116.

[2] *System der Medusen*, 1880. Vol. Ier, 2e partie, p. 620.

tre piliers qui relient l'estomac à l'ombrelle et sont parcourus par des canaux servant à établir la communication entre la cavité stomacale et le reste du système gastro-vasculaire[1].

Toutes les hypothèses qui tendent à expliquer l'association de poissons et de Méduses, en admettant que l'un de ces animaux recherche l'autre comme proie et comme nourriture sont évidemment inadmissibles dans le cas qui nous occupe. Car la Méduse appartient à la famille des Rhizostomées et n'a par conséquent pas d'ouverture buccale proprement dite, mais seulement une série de pores microscopiques qui ne lui permettent d'absorber de la nourriture qu'à l'état d'extrême division ; et d'autre part le poisson ne fait que se loger dans une cavité naturelle de la Méduse, cavité qui n'a rien de commun avec le système digestif ou gastro-vasculaire. Cette cavité est élargie par l'usage prolongé que le poisson en a fait et pourtant la *Crambessa* est parfaitement intacte, preuve évidente que le poisson considère son associé comme un lieu de refuge et non comme une proie.

Surpris de la singularité de ce fait, j'écrivis à M. de Robillard pour lui demander quelques détails à ce sujet. Voici la réponse que j'en reçus en septembre suivant et que je transcris littéralement : « Le fait que je vous ai « signalé au sujet du petit poisson qui suit l'anémone et

[1] Je dois à l'obligeance de M. le Dr Fol la détermination de cette Méduse, autant du moins qu'il a pu le faire sûrement; l'état assez médiocre de conservation de celle-ci ne lui ayant pas permis de compter les lobules du bord de l'ombrelle, lesquels ne sont plus visibles. J'ajouterai que M. Hæckel a décrit la *Crambessa palmipes* d'après des exemplaires provenant de la côte septentrionale de l'Australie.

« y entre constamment sans la quitter, est parfaitement « exact; le pêcheur qui me les a apportés les a pris en- « semble. Je puis personnellement certifier le fait : Il y a « plusieurs années que me trouvant sur le quai de notre « port j'ai remarqué la même chose; c'était aussi la « même espèce de poisson que celui que je vous ai en- « voyé qui entrait dans l'anémone et en sortait, et comme « cela se passait à environ 6 pouces au-dessous de l'eau, « il était très facile de remarquer ce qui se passait; le « poisson était seul, il n'y en avait pas d'autres. Quelle « explication donner à ce phénomène? est-ce que le pois- « son trouve quelque chose à manger dans l'anémone, ce « qui l'exciterait à la poursuivre et à y pénétrer. Je ne « puis le dire; l'anémone, quoique recevant le poisson, est « vivante et on la voit se mouvoir. Vous devriez vérifier « l'intérieur de l'anémone pour vous assurer si rien n'a « été détruit par le poisson. » Enfin, ayant recommandé à M. de Robillard de tâcher de me procurer si possible à l'occasion quelques exemplaires des deux animaux en question, j'ai reçu de lui pendant que j'étais en train de rédiger ces notes une lettre en date du 15 juillet dernier 1883, m'annonçant un nouvel envoi d'objets pour le Musée, et de plus une boîte en fer blanc contenant deux Méduses, chacune avec son petit poisson; il les avait reçus dans de l'eau de mer, petits poissons et Méduses tous vivants. Malheureusement, je ne sais comment il s'est fait que tous les objets annoncés se trouvaient dans la caisse, sauf la boîte aux Méduses; je suppose que M. de Robillard a oublié de l'y enfermer.

Laissant donc de côté toutes les hypothèses émises jusqu'à ce jour sur les Méduses mangeant des petits poissons et sur les petits poissons mangeant des Méduses, j'en

arrive à cette conclusion, corroborée par le fait que j'ai signalé, à savoir qu'il est certaines espèces de poissons dont les adultes vivent dans des profondeurs plus ou moins considérables, et dont les jeunes, qu'ils y soient contraints par quelque particularité indéterminée de leur organisation ou par la nécessité d'y chercher une nourriture mieux appropriée à leur âge, viennent trouver certaines Méduses à la surface de la mer. C'est là que pullulent les petits animaux pélagiques dont ils se nourrissent, comme le font aussi les Méduses et qui s'agglomèrent autour d'elles. Alors se passe ce fait des plus étranges, mais qui n'en est pas moins avéré, c'est que le poisson entrant dans certaines anfractuosités naturelles de la Méduse, s'y loge, en sort, y rentre à volonté et devient ainsi son commensal. C'est le seul moyen, je crois, d'expliquer cette sorte d'association ou de rapprochement entre deux animaux de types si différents. Il est à remarquer que le poisson pour pénétrer dans la Méduse, sans en lacérer les tissus, est obligé de nager en se tenant sur le côté, c'est-à-dire dans une position tout à fait anormale.

Je profite de l'occasion qui m'est offerte pour faire connaître un nouveau cas de parasitisme. Je veux parler de la trouvaille de deux exemplaires de *Dorychthys excisus* (Kaup), mâle et femelle, rencontrés vivants dans une holothurie. Ces deux poissons m'ont été adressés de l'île Maurice en octobre 1881 par M. de Robillard, avec l'assurance qu'ils étaient bien vivants lorsqu'il les avait retirés de l'holothurie. Malheureusement, il n'a pu me dire à quelle espèce appartenait l'échinoderme. Quoi qu'il en soit, le fait m'a paru d'autant plus intéressant et plus digne d'être signalé, que c'est, je crois, le seul cas de

parasitisme observé jusqu'à ce jour de la part d'un poisson de l'ordre des Lophobranches.

Voici, du reste, quelques caractères de ce *Dorychthys* qui serviront à identifier l'espèce ou à déterminer l'âge:

Longueur totale : 50^{mm}. Plaques : 18 + 15-16.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Fig. 1. Caranx melampygus et *Crambessa palmipes*, vus en dessus, réduits d'un quart, dessinés d'après un exemplaire à l'alcool.

Fig. 2. Les mêmes, vus en dessous.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

F. Rasinski. De la biuret dicyanamide. (*Journ. für Chem.*, XXVII, p. 157. Berne.)

Si l'on chauffe 2 $^1/_2$ parties de carbonate de guamidine mélangée avec 1 partie d'acétylurée, il *se dégage* de l'ammoniaque déjà à 115° et bientôt après fusion la masse redevient solide, on reprend par l'eau et filtre, il se dépose une substance amorphe qui est de la biuret dicyanamide.

Ce corps a des réactions légèrement basiques, il se dissout dans les acides et les bases, il forme un sulfate que l'eau décompose, le nitrate est bien cristallisé :

$$
\begin{array}{l}
\quad / NH_2 \\
C = NH \\
\quad \backslash NH \\
\quad\ / \\
CO \\
\quad \backslash \\
\qquad NH \\
\quad\ / \\
CO \\
\quad \backslash \\
\qquad NH \\
\quad\ / \\
C = NH \\
\quad \backslash NH_2
\end{array}
$$

Carl Hock. Essences colorées. (*Pharm. Arch.*, XXI, p. 17. Berne.)

En distillant diverses essences, comme celle de camo-

mille, d'absinthe, de millefeuilles, matricaria chamomilla, asa fœtida, etc. on obtient toujours une partie plus ou moins colorée en vert ou bleu, qui toutes donnent au spectroscope les mêmes signes d'absorption, elles renferment toutes le même principe colorant l'azulène, qui paraît se former par la distillation des plantes par la vapeur d'eau, ou à de plus hautes températures ; cette matière colorante est instable et devient brune à l'air.

G. Benz. Naphtylamines primaires et secondaires.
(*Berichte*, XVI, p. 8. Zurich.)

Si l'on chauffe l'α ou le β naphtol avec un excès de chlorure de calcium ammoniacal, on obtient jusqu'à 80 % de naphtylamine à côté d'un peu de dinaphtylamine; par l'emploi du chlorure de zinc ammoniacal, la proportion de dinaphtylamine augmente considérablement aux dépens de la mononaphtylamine. Si l'on chauffe les napthols et les naphtylamines avec le chlorure de calcium ou le chlorure de zinc il se forme des dinaphtylamines surtout pour la β naphtylamine. On ne peut obtenir une dinaphtylamine mixte en chauffant l'α naphtol et la β naphtylamine, il ne se forme que de la β dinaphtylamine et de l'ammoniaque, par contre on l'obtient facilement en chauffant le β naphthol et l'α naphtylamine, cela tient à ce que la β naphtylamine se décompose facilement en présence du chlorure et même lorsqu'on la chauffe seule. Cette diamine mixte forme des prismes fusibles à 110°-111°. Les 3 diamines donnent avec l'acide picrique des combinaisons cristallines, l'α fond à 168°-169° la β à 164-165° et l'αβ à 172°-173° ; par le chlorure d'acétyle les 3 diamines sont transformées en dérivés acétylés $(C_{10}H_7)_2 NC_2H_3O$. L'α fusible à 217° β à 114-115° αβ à 124-125°.

Ernst Louis. Sur quelques amines aromatiques.
(*Berichte*, XVI, p. 105. Zurich.)

Si l'on chauffe 7 à 8 heures à 270° environ, un mélange

de chlorure de zinc, d'aniline et d'alcool propylique normal, on obtient comme produit principal une amidopropylbenzine $C_6H_4\begin{matrix}/C_3H_7\\ \backslash NH_2\end{matrix}$ qui est une huile bouillant de 224° à 226°. Son phénol $C_6H_4\begin{matrix}/C_3H_7\\ \backslash OH\end{matrix}$ bout à 227-228°; l'iodure de propylbenzine $C_6H_4IC_3H_7$ bout à 240° ; celui-ci oxydé fournit l'acide paraiodebenzoïque.

L'alcool isopropylique traité de même donne une amine isomère bouillant à 216-218°, et l'iodure de disopropylbenzine bout à 234° et oxydé donne l'acide paraiodebenzoïque.

L'alcool isobutyrique chauffé avec de l'aniline, du chlorure de zinc donne une base qui est l'amidoïsobutylbenzine identique à celle de Studer.

M. Nencki et N. Sieber. Uroroséine. (*Jour. pr. Chem.*, XXVI, p. 333. Berne.)

L'uroroséine est une matière colorante de l'urine des diabètes ou d'autres malades; on ajoute à 100 cc. d'urine 10 cc. d'une dissolution à 25 % d'acide sulfurique ou chlorhydrique à froid, l'urine devient rose et on extrait la matière colorante par l'alcool amylique, elle est caractérisée par une bande d'absorption entre D et E du spectre, les alcalis détruisent la couleur, ainsi que la poussière de zinc, mais à l'air la couleur reparaît dans ce dernier cas.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AOUT 1883

Le 2, forte rosée le matin.
3, id.
4, id. ; orage à 11 h. 55 m. du matin; à 2 h. du soir éclairs et tonnerres au N.; l'orage est amené par une forte bise et se déchaîne vers 2 h. 40 m. du soir dans toutes les directions; à 2 h. 43 m. forte pluie mêlée de grêle, qui cesse au bout de 2 à trois minutes; l'orage s'éloigne du côté du S. A 3 h. 26 m. du soir violent coup de tonnerre à l'O.
5, forte rosée le matin.
6, id.
8, id.
12, id.
13, id. ; à 10 h. 25 m. du soir éclairs à l'O.
14, id. ; hâle à 10 h. du soir.
15, à minuit et quart violent orage au SSO., O. et NNO. avec fort vent du S.; à 6 h. $^1/_2$ du matin éclairs et tonnerres à l'O.; à 7 h. du matin forte pluie; à 9 h. du matin orage lointain; forte averse.
17, rosée le matin.
18, id. ; hâle à 8 h. du matin.
19, faible rosée le matin.
20, rosée le matin.
21, très forte rosée le matin.
22, forte rosée le matin; hâle à 8 h. du matin.
23, rosée le matin.
24, forte rosée le matin.
25, faible rosée le matin.
26, rosée le matin; à 10 h. du soir éclairs à l'E., à l'O. et au S.
27, faible rosée le matin; orage au NNO. à 5 h. 20 m. du soir; à 8 h. du soir éclairs à l'E. et à l'O.
29, forte rosée le matin.
30, très faible rosée le matin.
31, id. ; depuis 8 h. $^1/_4$ jusqu'à 9 h. 45 m. du soir éclairs tout le tour de l'horizon.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin	731,60	Le 1er à 6 h. matin	729,38
5 à 8 h. matin	731,43	3 à 6 h. soir	728,53
8 à 6 h. matin	730,28	7 à 6 h. matin	725,46
12 à 10 h. soir	732,12	9 à 10 h. soir	723,41
18 à 8 h. matin	732,55	14 à 6 h. soir	725,62
22 à 8 h. matin	731,15	20 à 6 h. soir	728,52
26 à 8 h. matin	730,24	24 à 4 h. soir	727,70
		31 à 8 h. soir	721,26

GENÈVE. — AOUT 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	730,05	+ 2,13	+16,33	— 2,44	+11,6	+21,4	10,19	—0,73	747	+ 65	540	950	2,6	2	variable	0,70	+13,7	— 5,0	206,7
2	730,81	+ 2,88	+15,90	— 2,84	+ 9,9	+21,4	9,43	—1,48	715	+ 33	470	920	...	...	N. 1	0,08	15,0	— 3,7	204,3
3	729,55	+ 1,61	+16,33	— 2,37	+ 9,7	+21,4	9,91	—1,00	718	+ 35	530	930	...	...	NNE. 1	0,41	16,8	— 2,0	203,0
4	729,75	+ 1,80	+14,62	— 4,05	+10,7	+20,2	9,46	—1,45	783	+ 99	550	900	7,7	2	N. 1	0,40	16,6	— 2,2	200,5
5	730,62	+ 2,67	+15,51	— 3,12	+ 8,8	+21,7	9,70	—1,20	737	+ 51	500	960	...	...	N. 1	0,10	...	.....	199,0
6	727,68	— 0,28	+17,68	— 0,91	+ 9,4	+25,8	11,02	+0,13	730	+ 43	480	930	...	...	NNO. 1	0,39	17,7	— 1,1	195,4
7	726,82	— 1,14	+18,60	+ 0,05	+14,6	+23,2	10,15	—0,73	652	— 36	410	770	0,9	2	SSO. 1	0,72	17,5	— 1,3	190,8
8	729,01	+ 1,05	+17,49	— 1,01	+ 9,2	+24,2	9,47	—1,40	650	— 40	380	900	...	...	S. 1	0,48	17,7	— 1,1	190,0
9	726,02	— 1,95	+17,08	— 1,37	+14,3	+20,0	9,83	—1,03	695	+ 4	450	770	0,6	2	SSO. 1	1,00	17,2	— 1,6	185,8
10	724,97	— 3,00	+16,87	— 1,53	+14,9	+21,2	10,12	—0,73	723	+ 30	610	800	8,9	3	SSO. 1	0,70	13,7	— 5,1	187,8
11	728,65	+ 0,68	+17,64	— 0,71	+12,8	+23,3	8,55	—2,29	595	— 99	380	780	...	...	variable	0,32	10,4	— 8,5	189,5
12	731,80	+ 3,83	+15,94	— 2,35	+ 9,0	+22,0	9,49	—1,33	715	+ 19	430	900	...	...	N. 1	0,07	...	.....	192,0
13	730,55	+ 2,58	+17,26	— 0,97	+ 9,9	+22,7	10,98	+0,17	743	+ 45	470	920	...	...	N. 1	0,08	16,6	— 2,2	191,0
14	727,62	— 0,35	+20,73	+ 2,56	+14,3	+24,8	13,35	+2,55	733	+ 33	610	900	...	...	N. 1	0,08	18,0	— 0,8	191,0
15	727,69	— 0,27	+16,47	— 1,63	+14,9	+23,7	11,72	+0,94	852	+151	680	920	9,3	5	SSO. 1	0,96	17,1	— 1,7	190,0
16	729,49	+ 1,53	+13,78	— 4,25	+11,4	+17,6	8,17	—2,59	714	+ 11	580	750	2,2	2	SSO. 1	0,84	15,7	— 3,1	189,4
17	731,04	+ 3,09	+13,30	— 4,66	+ 7,9	+18,3	7,73	—3,02	703	— 2	460	950	...	...	N. 1	0,20	15,7	— 3,1	192,5
18	731,77	+ 3,82	+14,37	— 3,52	+ 6,8	+20,4	9,03	—1,70	742	+ 34	490	960	...	...	N. 1	0,04	16,9	— 1,9	191,9
19	731,12	+ 3,18	+15,56	— 2,25	+ 8,2	+21,6	9,73	—0,97	740	+ 30	510	960	...	...	N. 1	0,34	...	.....	190,0
20	729,09	+ 1,16	+15,74	— 1,99	+ 9,7	+21,0	10,73	+0,05	799	+ 87	630	930	...	...	N. 1	0,49	17,8	— 0,9	186,8
21	730,37	+ 2,45	+17,71	+ 0,06	+10,6	+24,3	11,78	+1,12	774	+ 60	530	880	...	...	N. 1	0,07	17,7	— 1,0	184,5
22	730,24	+ 2,33	+18,23	+ 0,66	+11,1	+24,4	11,76	+1,13	764	+ 48	540	950	...	...	N. 1	0,03	18,5	— 0,2	184,5
23	729,55	+ 1,65	+18,72	+ 1,24	+11,7	+25,6	11,84	+1,23	739	+ 20	500	950	...	...	N. 1	0,11	18,1	— 0,5	181,8
24	728,43	+ 0,54	+19,49	+ 2,10	+12,2	+26,0	13,11	+2,53	771	+ 50	560	940	...	...	variable	0,43	19,2	+ 0,6	181,0
25	728,66	+ 0,78	+19,38	+ 2,08	+13,2	+25,6	14,14	+3,59	832	+108	660	920	...	...	variable	0,46	20,1	+ 1,5	180,7
26	729,35	+ 1,48	+19,92	+ 2,71	+14,1	+25,0	14,32	+3,80	822	+ 96	650	940	...	...	N. 1	0,60	...	.....	180,0
27	729,21	+ 1,36	+20,49	+ 3,38	+14,0	+27,3	13,06	+2,57	737	+ 8	480	940	...	...	N. 1	0,29	20,2	+ 1,7	179,0
28	728,97	+ 1,13	+20,39	+ 3,38	+13,7	+29,3	13,41	+2,95	753	+ 22	490	940	...	...	variable	0,68	20,5	+ 2,0	178,2
29	727,44	— 0,38	+21,45	+ 4,54	+13,4	+29,1	11,06	+0,63	624	—110	360	930	...	...	S. 1	0,27	19,9	+ 1,5	177,1
30	727,55	— 0,25	+20,96	+ 4,16	+13,0	+28,4	11,12	+0,72	620	—116	370	880	...	...	SSO. 1	0,03	20,1	+ 1,7	176,5
31	724,19	— 3,59	+19,10	+ 2,40	+10,6	+28,4	11,02	+0,66	668	— 71	390	850	...	...	variable	0,07	18,4	+ 0,1	175,1

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,72	728,89	728,86	728,66	728,48	728,19	728,08	728,28	728,62
2e »	730,24	730,47	730,34	729,95	729,67	729,40	729,27	729,81	730,02
3e »	729,23	729,40	729,30	728,73	728,04	727,65	727,61	728,15	728,38
Mois	729,39	729,58	729,50	729,10	728,71	728,39	728,30	728,73	728,99
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+13,45	+16,91	+18,58	+19,43	+20,06	+20,66	+19,52	+17,01	+15,81
2e »	+12,02	+15,76	+17,92	+19,20	+20,25	+20,12	+19,14	+17,10	+15,16
3e »	+13,48	+18,49	+21,56	+23,47	+25,00	+25,51	+23,63	+20,80	+18,28
Mois	+13,00	+17,10	+19,43	+20,79	+21,87	+22,21	+20,85	+18,38	+16,48
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	9,94	10,15	10,03	10,20	9,89	10,17	9,67	10,56	9,73
2e »	9,38	10,13	10,29	10,13	10,03	10,15	9,73	10,19	10,50
3e »	10,69	12,22	12,82	12,95	12,64	12,70	12,98	13,24	12,53
Mois	10,02	10,88	11,11	11,15	10,91	11,06	10,86	11,39	10,97
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	871	702	629	608	568	570	570	728	730
2e »	886	756	670	604	564	579	585	692	811
3e »	919	765	679	605	541	532	604	725	811
Mois	893	742	660	606	557	559	587	715	785

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 11,31	+ 22,05	0,50	+ 16,21	20,7	196,33
2e »	+ 10,49	+ 21,54	0,34	+ 16,02	11,5	190,41
3e »	+ 12,51	+ 26,67	0,28	+ 19,27	—	179,85
Mois	+ 11,47	+ 23,53	0,37	+ 17,29	32,2	188,57

Dans ce mois, l'air a été calme 1,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,22 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 38°,8 O. et son intensité est égale à 15,6 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1883.

Le 1er, brouillard à 6 h. du matin et 6 h. du soir.
3, brouillard depuis 6 h. du soir.
4, forte bise toute la journée; brouillard le matin et le soir; légère neige l'après-midi.
9, brouillard à 8 h. du soir.
10, assez fort vent depuis 10 h. du matin.
11, assez forte bise de 8 h. du matin à 4 h. du soir.
15, assez fort vent l'après-midi; brouillard à 10 h. du soir.
16, forte bise tout le jour; brouillard presque toute la journée.
17, neige dans la nuit du 16-17; brouillard le matin et le soir; assez forte bise le matin.
20, brouillard le soir.
24, brouillard à 8 h. du soir.
25, brouillard à 10 h. du soir.
31, assez fort vent l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 6 h. matin	566,94
Le 2 à midi et 6 h. soir	569,32		
5 à 8 h. soir	569,64	4 à 6 h. matin	567,10
8 à 10 h. matin	568,62	7 à 2 h. soir	566,45
13 à 4 h. soir	572,97	10 à 6 h. matin	564,36
19 à 10 h. matin	570,59	16 à 6 h. et 10 h. matin	565,22
21 à 10 h. soir	571,83	20 à 6 h. m., 2 et 4 h. soir	569,41
26 à 10 h. soir	571,59	24 à 6 h. matin	570,23
30 à 8 h. soir	570,41	29 à 6 h. soir	569,34
		31 à 10 h. soir	566,02

SAINT-BERNARD. — AOUT 1883.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum des 9 observat.	Maximum des 9 observat.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	568,32	— 0,56	566,94	569,32	+ 3,27	— 3,13	+ 0,2	+ 6,1	.....	.....	....	NE. 1	0,37
2	569,02	+ 0,13	568,42	569,32	+ 5,07	— 1,33	0,0	+ 8,1	.....	.....	....	NE. 1	0,09
3	568,56	— 0,34	568,27	568,91	+ 5,57	— 0,82	+ 4,0	+ 8,7	.....	.....	....	NE. 1	0,64
4	567,58	— 1,32	567,10	568,51	+ 1,05	— 5,34	0,0	+ 4,3	.....	1,5	....	NE. 2	0,93
5	569,24	+ 0,34	568,50	569,64	+ 4,53	— 1,85	— 0,4	+ 7,4	.....	.....	....	NE. 1	0,02
6	568,33	— 0,57	567,60	569,04	+ 7,44	+ 1,07	+ 4,2	+11,3	.....	.....	....	variable	0,31
7	567,07	— 1,82	566,45	568,12	+ 4,47	— 1,88	+ 2,2	+ 8,5	.....	11,4	....	SO. 1	0,84
8	568,45	— 0,44	568,32	568,62	+ 6,13	— 0,20	+ 0,2	+10,1	.....	.....	....	NE. 1	0,28
9	566,49	— 2,39	566,00	566,97	+ 6,95	+ 0,64	+ 5,7	+ 8,7	.....	3,1	....	SO. 1	0,93
10	565,06	— 3,81	564,36	565,88	+ 7,03	+ 0,75	+ 3,0	+11,3	.....	7,0	....	SO. 2	0,36
11	567,39	— 1,47	565,30	568,16	+ 3,46	— 2,79	+ 1,3	+ 6,8	.....	.....	....	NE. 2	0,19
12	571,20	+ 2,35	569,62	572,40	+ 6,59	+ 0,37	+ 0,8	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,11
13	572,69	+ 3,86	572,47	572,97	+12,32	+ 6,13	+ 7,9	+16,3	.....	.....	....	variable	0,01
14	572,32	+ 3,51	572,01	572,63	+13,23	+ 7,07	+ 9,5	+17,0	.....	3,7	....	NE. 1	0,14
15	568,16	— 0,63	566,83	570,40	+ 8,93	+ 2,81	+ 4,4	+13,6	.....	0,8	....	SO. 1	0,87
16	565,51	— 3,26	565,22	565,95	— 0,71	— 6,79	— 1,4	+ 1,4	70	7,9	....	NE. 2	0,90
17	567,30	— 1,45	565,88	568,61	— 1,26	— 7,30	— 2,9	+ 0,6	40	5,6	....	NE. 1	0,61
18	569,78	+ 1,06	568,63	570,54	+ 3,90	— 2,10	+ 0,2	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,00
19	570,46	+ 1,77	570,24	570,59	+ 7,72	+ 1,77	+ 5,2	+10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,06
20	569,50	+ 0,84	569,41	570,01	+ 7,52	+ 1,62	+ 5,7	+10,2	.....	.....	....	NE. 1	0,59
21	570,98	+ 2,35	569,88	571,83	+ 7,93	+ 2,08	+ 5,8	+11,3	.....	.....	....	NE. 1	0,09
22	571,30	+ 2,70	571,01	571,50	+ 9,43	+ 3,64	+ 7,3	+12,5	.....	.....	....	variable	0,19
23	570,96	+ 2,40	570,92	571,09	+ 9,40	+ 3,67	+ 7,7	+12,5	.....	.....	....	NE. 1	0,23
24	570,49	+ 1,97	570,23	570,68	+ 9,51	+ 3,84	+ 8,6	+12,3	.....	.....	....	NE. 1	0,39
25	570,90	+ 2,42	570,85	571,05	+ 9,50	+ 3,90	+ 8,3	+13,4	.....	.....	....	NE. 1	0,48
26	571,12	+ 2,68	570,85	571,59	+ 8,84	+ 3,31	+ 6,7	+11,8	.....	.....	....	NE. 1	0,34
27	570,91	+ 2,51	570,27	571,40	+ 8,34	+ 2,88	+ 6,6	+12,2	.....	3,9	....	NE. 1	0,56
28	570,33	+ 1,98	569,49	570,91	+ 7,95	+ 2,56	+ 5,8	+10,9	.....	.....	....	NE. 1	0,20
29	569,52	+ 1,22	569,34	569,78	+ 9,17	+ 3,85	+ 6,4	+11,9	.....	.....	....	NE. 1	0,31
30	569,85	+ 1,60	569,38	570,41	+10,64	+ 5,40	+ 6,0	+14,4	.....	.....	....	NE. 1	0,08
31	567,30	— 0,90	566,02	568,51	+ 8,82	+ 3,66	+ 6,3	+11,7	.....	8,9	....	SO. 2	0,46

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1883.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,54	567,78	567,85	567,86	567,82	567,82	567,92	568,01	568,10
2e »	568,95	569,24	569,36	569,52	569,50	569,53	569,69	569,72	569,77
3e »	570,17	570,46	570,52	570,49	570,37	570,27	570,33	570,41	570,37
Mois	568,93	569,20	569,29	569,33	569,26	569,24	569,35	569,41	569,44

Température.

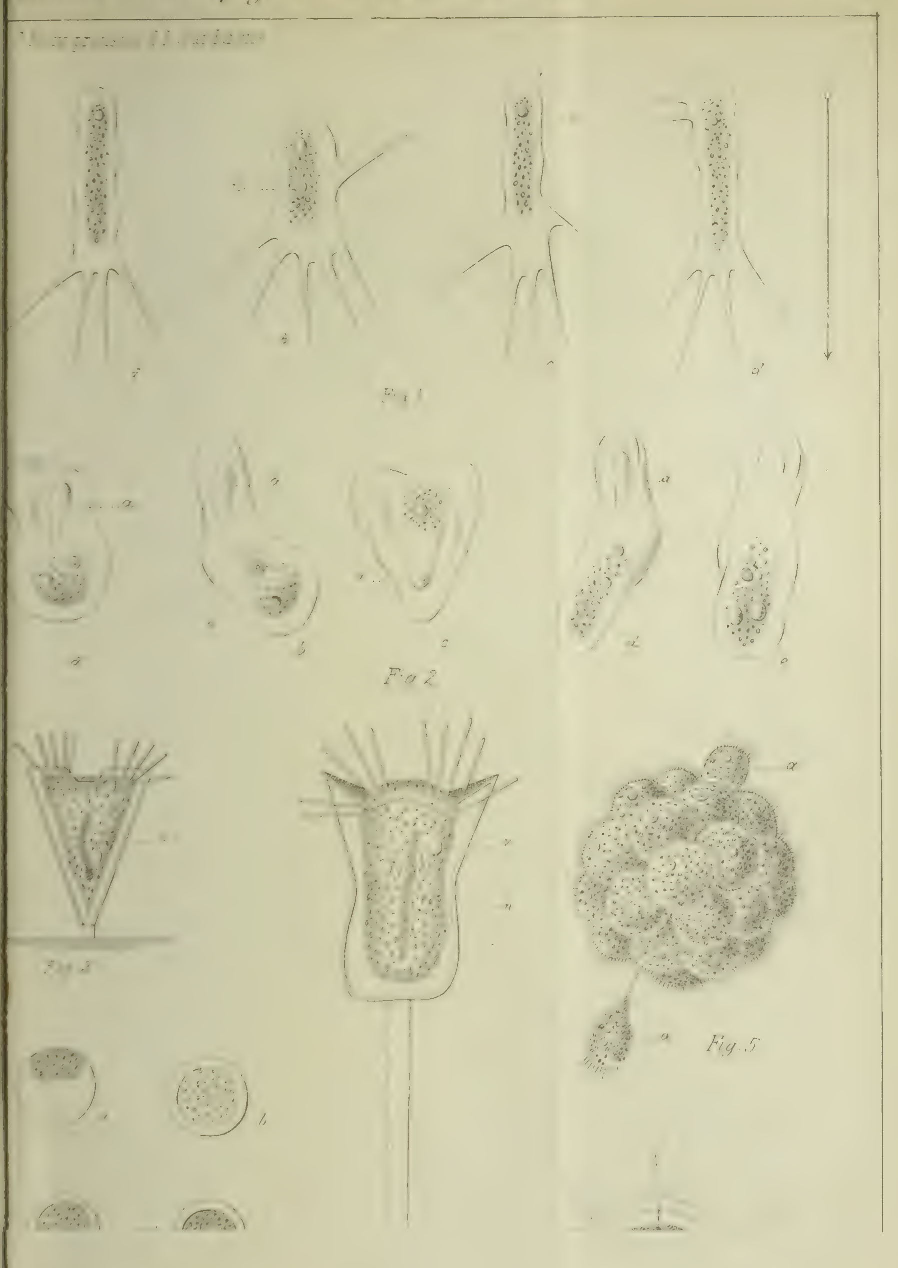
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,98	+ 5,41	+ 7,12	+ 7,88	+ 7,57	+ 6,73	+ 5,75	+ 4,86	+ 4,71
2e »	+ 3,64	+ 5,64	+ 7,55	+ 8,56	+ 9,00	+ 8,56	+ 7,30	+ 6,17	+ 5,76
3e »	+ 6,86	+ 9,04	+11,18	+12,17	+11,52	+11,03	+ 9,39	+ 8,50	+ 8,40
Mois	+ 4,57	+ 6,77	+ 8,70	+ 9,62	+ 9,43	+ 8,85	+ 7,54	+ 6,57	+ 6,36

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 1,91	+ 8,45	0,48	23,0	—
2e »	+ 3,07	+ 9,31	0,35	18,0	110
3e »	+ 6,86	+12,26	0,30	12,8	—
Mois	+ 4,04	+10,08	0,37	53,8	110

Dans ce mois, l'air a été calme 1,1 fois sur 100.

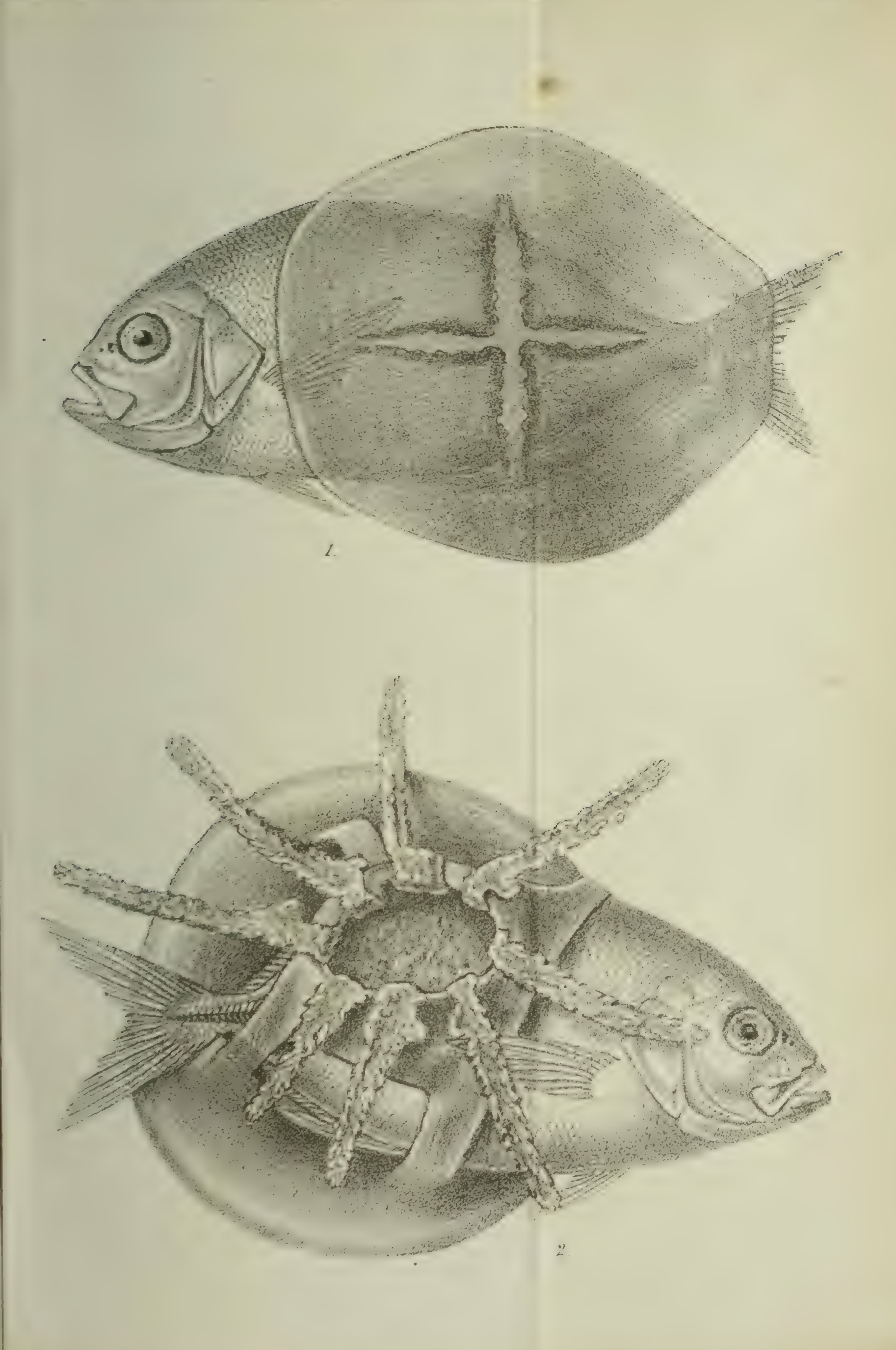
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,41 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 63,8 sur 100.



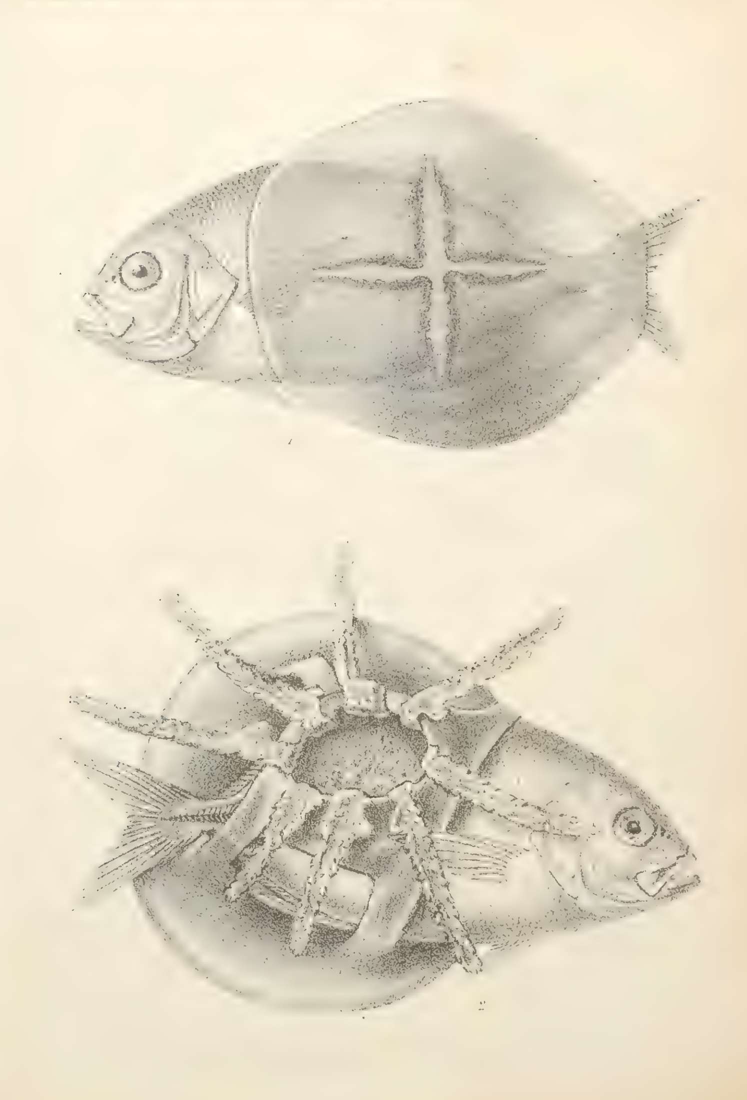
Imp. F. Noverre & Fils





uvel del et lith

Imp. E. Noverraz & fils



SOIXANTE-SIXIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

ZURICH

Les 7, 8 et 9 août 1883

L'année dernière, c'était sous les sapins de Linthal et du Stachelberg, c'était en pleine nature alpestre que la Société helvétique des Sciences naturelles avait élu domicile; cette année, comme pour faire contraste, elle a donné rendez-vous à ses membres et à ses amis dans l'un des principaux centres du mouvement scientifique et industriel de notre pays, Zurich, dont l'exposition nationale décuplait encore l'animation habituelle. Mais nos réunions, en changeant de cadre, ne changent pas leur caractère cordial et gai. Les Zurichois, après avoir donné la mesure de leurs talents d'organisation, en concevant et en menant à bien une entreprise telle que l'exposition nationale suisse, dont la complète réussite restera un honneur pour eux et pour notre pays, ont voulu nous donner aussi la mesure de leur hospitalité; nous ne saurions assez

les remercier de l'obligeante cordialité qu'ils ont mise à nous recevoir; merci en particulier aux membres des diverses commissions et à leurs présidents, MM. les professeurs Cramer, Heim, Mousson, Pestalozzi, V. Meyer, Lunge, C. Escher-Hess.

Les membres de la Société helvétique sont venus nombreux à l'appel des Zurichois, nombreux aussi les savants étrangers qui ont bien voulu se joindre à nous; les uns venaient retrouver à Zurich les souvenirs plus ou moins récents de leurs années d'études ou de professorat, d'autres étaient attirés par la seconde réunion de la Société géologique; d'autres, enfin, venaient simplement et amicalement jeter un coup d'œil sur la vie scientifique de la Suisse.

C'est le lundi 6 août que les délégués des sections cantonales et des commissions spéciales se sont réunis suivant l'usage en commission préparatoire. Le soir, une joyeuse collation a rassemblé à la *Meise* les naturalistes, heureux de se retrouver.

Le lendemain, première assemblée générale au Rathhaus, ouverte par le remarquable discours officiel du président annuel, M. le professeur Cramer; le reste de la séance a été consacré aux questions administratives et à des communications scientifiques importantes de MM. V. Meyer, H. Fol et Herzen [1].

La séance a été suivie d'un banquet à la *Tonhalle*, et le reste de la journée a été employé à visiter l'exposition, sous l'aimable conduite de quelques-uns des professeurs de Zurich, qui ont bien voulu nous servir de guides.

La seconde journée a commencé par les séances des

[1] Voir plus loin, sections de Chimie, de Zoologie et de Médecine.

sections, très remplies, et dont la plupart se sont prolongées bien avant dans l'après-midi ; une promenade en bateau à vapeur autour du lac a ensuite réuni tout le monde, et la fraîcheur du soir a eu vite fait de rétablir dans leur état normal les cerveaux fatigués par les travaux de la matinée.

Le jeudi 9 août enfin, la deuxième séance générale a été remplie par des travaux intéressants de MM. Suess, O. Heer (lu par M. le docteur C. Schröter) et Klebs [1]. Un excellent dîner au haut de l'Uetliberg a terminé la réunion, et l'on s'est séparé, chacun suivant son chemin, tous emportant les meilleurs souvenirs.

C'est à Lucerne qu'aura lieu la prochaine session de la Société, sous la présidence de M. Otto Suidter.

Mathématiques.

Président: M. le Prof. W. FIEDLER.

M. le prof. GEISER, de Zurich, fait une communication *Sur les surfaces du 3me degré.* Il donne une démonstration géométrique du fait que le troisième mode de génération de Steiner fournit les surfaces les plus générales de cette classe.

M. le Dr RUDIO, privat-docent à Zurich, *Sur les lignes géodésiques tracées sur les surfaces du 2me degré.*

Soit une surface du 2me degré

$$\frac{x^2}{a^2-\lambda}+\frac{y^2}{b^2-\lambda}+\frac{z^2}{c^2-\lambda}=1$$

[1] Voir sections de Géologie, de Botanique et de Médecine.

et sur cette surface, un point x, y, z, de coordonnées elliptiques u, v.

Pour calculer la longueur d'une ligne géodésique de la surface λ qui passe par le point u, v, joignons à la surface (λ), la surface (μ) qui est touchée par les diverses tangentes à la ligne géodésique considérée. Les tangentes communes aux surfaces (λ) et (μ) peuvent être alors considérées comme les normales d'une nouvelle surface de nature transcendante par rapport à laquelle (λ) et (μ) sont les deux nappes de la surface, lieu des centres de courbure.

Par suite de la relation qui existe entre les lignes de courbure de cette surface transcendante et les lignes géodésiques des surfaces (λ) et (μ), il suffit de déterminer le rayon de courbure de la surface transcendante au point u, v, pour obtenir en même temps la longueur de la ligne géodésique de (λ) qui passe par u, v. Pour les cosinus directeurs de ce rayon de courbure on trouve les valeurs

$$\xi = x \left\{ \frac{U}{a^2 - u} \; \frac{\mu - u}{v - u} + \frac{V}{a^2 - v} \; \frac{\mu - v}{u - v} \right\}$$

$$\eta = y \left\{ \frac{U}{b^2 - u} \; \frac{\mu - u}{v - u} + \frac{V}{b^2 - v} \; \frac{\mu - v}{u - v} \right\}$$

$$\zeta = z \left\{ \frac{U}{c^2 - u} \; \frac{\mu - u}{v - u} + \frac{V}{c^2 - v} \; \frac{\mu - v}{u - v} \right\}$$

en posant pour abréger

$$U = \sqrt{\frac{(a^2 - u)(b^2 - u)(c^2 - u)}{(\lambda - u)(\mu - u)}}$$

$$V = \sqrt{\frac{(a^2 - v)(b^2 - v)(c^2 - v)}{(\lambda - v)(\mu - v)}}$$

Pour le rayon de courbure lui-même, et par suite aussi pour la longueur de l'arc compté sur une ligne géodésique de λ, depuis un point de départ fixe jusqu'au point u, v, on trouve

$$p = \frac{1}{2}\left\{ \int \frac{du}{U} + \int \frac{dv}{V} \right\}$$

formule que Jacobi avait déjà obtenue par une méthode dynamique.

Si l'on appelle P_1 le point où la surface μ est touchée par la tangente commune à (λ) et (μ) qui passe par le point P (u, v), on trouve pour la distance PP_1 l'expression

$$z = \frac{u - v}{U - V}$$

M. le prof. Fiedler, de Zurich, *Sur l'intersection d'hyperboloïdes de révolution équilatères à axes parallèles.* L'auteur montre d'abord que, en considérant les sections coniques de pénétration du faisceau de surfaces déterminé par deux de ces hyperboloïdes, on est conduit à une théorie des sections coniques qui résulte de l'application de la méthode de la cyclographie à des systèmes de cercles, en prenant comme plan de projection un plan perpendiculaire aux axes. Les cercles images des points de l'intersection coupent sous un angle constant chacun des cercles en nombre infini qui correspondent dans le plan au faisceau des traces des surfaces [1].

[1] Voir le traité : *Cyclographie oder Construction der Aufgaben über Kreise und Kugeln, und elementare Geometrie der Kreise und Kugelsysteme, von Dr W. Fiedler.* Leipzig, 1882. Mit 16 lith., S. 160.

En particulier si l'on construit la section conique sur le plan en la considérant comme la projection orthogonale de l'intersection de ce plan avec celui des hyperboloïdes du faisceau qui a son centre dans le plan, et en prenant comme plan auxiliaire celui qui touche l'hyperboloïde dans son cercle de gorge, on arrive[1] à la théorie du tore circulaire de Pappus et à la solution du problème de Steiner qui s'y rattache. On peut y trouver aussi la voie de la découverte communiquée par J. Steiner dans un mémoire publié en 1847[2].

En outre, en considérant la section conique comme la projection de l'intersection de deux quelconques des hyperboloïdes du faisceau, on peut l'obtenir au moyen de deux cercles qui la touchent en deux points, comme le lieu des points pour lesquels les tangentes menées de ces points aux deux cercles présentent une somme ou une différence constante, et cette longueur constante est égale à la distance normale des plans principaux ou cercles de gorge des deux hyperboloïdes considérés[3].

L'auteur montre comment on arrive par ces considérations à construire les sections coniques, correspondant à un ou à deux cercles à double contact moyennant diverses conditions complémentaires, telle que celle des tangentes de somme ou de différence constante, que nous venons de voir pour deux cercles à double contact. L'auteur signale encore le système de sections coniques que l'on obtient avec deux cercles fixes quand on donne successi-

[1] Voir loc. cit., § 166-169.

[2] Voir Jacq. Steiner's *Gesammelte Werke*, *herausgegeben auf Veranlassung der K. Preuss. Academie der Wissenschaft*. Vol. II, Berlin, 1882, p. 389, f.

[3] Voir *Cyclographie*, p. 170.

vement à cette longueur constante toutes les valeurs depuis zéro jusqu'à l'infini. Ce sont les intersections de deux hyperboloïdes, dont l'un reste fixe, tandis que l'autre est successivement déplacé le long de son axe de révolution, à partir de la position où les cercles de gorge sont dans un même plan. On retrouve ainsi tous les résultats remarquables d'un célèbre mémoire de Steiner de 1852 [1], avec des résultats complémentaires qui établissent un lien entre eux. L'auteur montre enfin comment la construction se modifie en passant de l'hyperboloïde à une nappe à l'hyperboloïde à deux nappes, et généralement en passant du réel à l'imaginaire, et comment aussi les résultats de cette méthode peuvent être généralisés par les projections.

Nous devons encore mentionner que M. le prof. G. VERONESE, de Padoue, membre honoraire de la Société, empêché par une maladie subite d'assister à la réunion, avait envoyé un mémoire intitulé: *Démonstration géométrique, par la géométrie à* n *dimensions, de la formule*

$$\begin{vmatrix} p \\ r-1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} q-1 \\ 1 \end{vmatrix}\begin{vmatrix} p \\ r \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} q-1 \\ 2 \end{vmatrix}\begin{vmatrix} p \\ r+1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} q-1 \\ 3 \end{vmatrix}\begin{vmatrix} p \\ r+2 \end{vmatrix} + \cdots$$

$$= \begin{vmatrix} p+q-1 \\ q+r-2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} p+q-1 \\ p-r+1 \end{vmatrix}$$

Ce mémoire, arrivé en retard, n'a pas pu être lu à la séance.

[1] Voir loc. cit., II, 445.

Physique.

Président : M. le Prof. R. Clausius.

Vice-président : M. le Prof. H.-F. Weber.

M. F.-A. Forel, de Morges, expose ses recherches pour déterminer les *Limites des variations de température dans la profondeur du lac Léman*. D'après ses sondages thermométriques, la variation diurne se fait sentir jusqu'à une profondeur de 10 à 15 m.; la variation estivale jusqu'à une profondeur de 60 à 100 m. Un hiver extraordinaire comme le *grand hiver* de 1879-1880, fait sentir son effet bien plus bas que le fond du lac Léman (334 m.). Depuis le grand hiver, l'eau des grands fonds du Léman s'est réchauffée d'une valeur de un demi-degré centigrade environ.

M. Charles Soret, de Genève, communique quelques résultats préliminaires de recherches entreprises *Sur la réfraction et la dispersion des aluns cristallisés*. Au moyen du réfractomètre à réflexion totale, qu'il a décrit il y a quelques mois [1] il a déterminé les indices de réfraction pour les raies principales du spectre solaire, depuis *a* jusqu'à G inclusivement, pour six aluns sulfuriques à base d'alumine.

Les valeurs obtenues sont les suivantes :

[1] *Archives*, janvier 1883, et *Groth's Zeitschrift*, tome VII, 529.

$R^2O\ SO^3 + Al^2O^3\ 3SO^3 + 24\ H^2O$

R =	Am	Na	K	Rb	Cs	Tl
Raie a	1,45484	1,43468	1,45201	1,45203	1,45412	1,49201
B	1,45580	1,43544	1,45284	1,45309	1,45199	1,49298
C	1,45678	1,43639	1,45383	1,45402	1,45303	1,49428
D	1,45932	1,43876	1,45634	1,45651	1,45848	1,49740
E	1,46218	1,44160	1,45919	1,45939	1,46125	1,50112
b	1,46277	1,44205	1,45985	1,45988	1,46192	1,50198
F	1,46468	1,44398	1,46167	1,46178	1,46372	1,50458
G	1,46928	1,44826	1,46615	1,46623	1,46826	1,51081

La régularité des courbes tracées en prenant les longueurs d'ondes comme abscisses, et les indices comme ordonnées, paraît indiquer que ces valeurs ne présentent pas d'erreurs relatives dépassant 2 à 3 unités de la 4me décimale. En valeur absolue, ils présentent probablement à peu près la même exactitude pour les aluns de potasse et d'ammoniaque que l'on peut facilement obtenir très purs, et qui se polissent facilement. Les valeurs obtenues pour les sels de rubidium et de césium sont probablement aussi peu écartées de la vérité, bien qu'il soit moins facile de s'assurer de la pureté complète des substances employées, et que le sel de césium se soit laissé tailler moins bien. Pour l'alun de soude et pour l'alun de thallium, les valeurs ne peuvent être regardées que comme approximatives et provisoires, le premier présente en effet de très grandes difficultés pour la taille et le polissage, et le nombre des cristaux examinés jusqu'ici dans des conditions satisfaisantes est un peu faible. L'alun de thallium au contraire se polit bien et donne de très bonnes mesures, mais ses indices varient selon toute probabilité rapidement par le mélange

de très petite quantité de sels isomorphes, et M. Soret n'est pas absolument certain de la pureté complète des cristaux dont il s'est servi jusqu'à présent. Les valeurs des indices obtenues ne sont pas d'accord avec le chiffre 1,4888 donné pour la raie D par M. Fock dans un travail qui paraît être très soigné. M. Soret ne les donne donc que sous toutes réserves. Même en laissant toute la marge possible pour les erreurs qui ont pu se produire, les valeurs ci-dessous conduisent à quelques conclusions qui ont leur intérêt.

1° Les puissances réfractives calculées pour la raie D ne sont en aucune façon proportionnelles aux poids moléculaires.

2° Les puissances réfractives ne sont pas proportionnelles aux densités, celles-ci d'ailleurs ne paraissent pas proportionnelles elles-mêmes aux poids moléculaires.

3° L'aspect de la courbe obtenue en prenant comme abscisses les poids moléculaires, et comme ordonnées les indices n_D, semble indiquer qu'il n'y a pas de lois simples liant ces deux ordres de quantité. Les indices se groupent comme si les sels observés appartenaient à quatre séries isomorphes distinctes : 1° l'ammoniaque; 2° le sodium ; 3° le potassium, le rubidium et le césium ; 4° le thallium. La réalité de ce groupement ne pourra évidemment être vérifiée que par des recherches ultérieures portant sur un nombre de sels beaucoup plus grand. En tout cas, on peut remarquer que cette manière de concevoir les faits est absolument d'accord avec la théorie de Mendelejeff.

M. Édouard Sarasin, de Genève, empêché de se rendre à Zurich, adresse à la section par l'intermédiaire obligeant de M. L. Soret, les principaux résultats d'un travail sur les *Indices de réfraction du spath fluor* pour les rayons de diverses réfrangibilités, depuis la raie A jusqu'à l'extrémité du spectre ultra-violet. M. Sarasin, dans ces déterminations, a suivi la même méthode que dans ses recherches antérieures sur le quartz et le spath d'Islande[1]. Il a opéré sur un prisme de spath fluor de 60° 4′ 55″, et avec un spectromètre muni, pour l'étude des radiations ultra-violettes, de l'oculaire fluorescent de M. Soret. L'observation a porté sur les principales raies du spectre solaire visible, puis sur l'échelle des raies ultra-violettes du cadmium, continuée par les raies extrêmes du zinc et de l'aluminium.

Pour la série des raies du cadmium, le spectromètre était armé de lentilles de quartz, exigeant une mise au point spéciale pour chaque raie. L'appareil employé ne permettant pas cette mise au point pour les raies extrêmes du zinc et de l'aluminium, celles-ci ont été étudiées avec des lentilles achromatiques quartz et spath fluor. La concordance des chiffres obtenus avec ces deux dispositions différentes pour les raies 25 et 26 Cd, montre qu'elles ont donné des résultats tout à fait comparables.

Des courbes représentant ces résultats ont été montrées à la section, le tableau qui suit donne les chiffres qui ont été obtenus :

[1] *Archives*, 1878, t. LXI, p. 109, et 1882, t. VIII, p. 392.

Raie.	Longueur d'onde.	Indices de réfraction du spath fluor. — Lentilles quartz.	Indices de réfraction du spath fluor. — Lentilles quartz spath.
A	760,40	1,431010	—
a	718,36	1,431575	—
B	686,71	1,431997	—
C	656,18	1,432571	—
D	589,20	1,433937	—
F	486,074	1,437051	—
h	410,12	1,441215	—
H	396,81	1,442137	—
Cd 9	360,90	1,445350	—
10	346,55	1,446970	—
11	340,15	1,447754	—
12	325,25	1,449871	—
17	274,67	1,459576	—
18	257,13	1,464760	—
23	231,25	1,475166	—
24	226,45	1,477622	—
25	219,35	1,481515	1,481483
26	214,41	1,484631	1,484613
Zn 27	209,88	—	1,487655
28	206,10	—	1,490406
29	202,43	—	1,493256
Al 30	198,81	—	1,496291
31	193,1	—	1,502054
32	185,6	—	1,50[illegible]404

Ces déterminations présentent de l'intérêt non seulement pour la théorie de la dispersion, mais aussi au point de vue pratique, pour la construction des lentilles destinées à achromatiser les rayons ultra-violets, suivant la méthode de M. Cornu.

M. le professeur CLAUSIUS, de Bonn, communique à la section une *Théorie des machines dynamo-électriques*. Distinguant trois parties principales dans ces machines : 1° un ou plusieurs électro-aimants fixes ; 2° les bobines

mobiles ; 3° le noyau de fer, il examine l'action d'une de ces parties sur les autres, en partant des relations générales qui existent entre les courants fermés et les aimants. L'induction dans les circuits mobiles est produite : *a*) par l'électro-aimant fixe ; *b*) par le noyau ; *c*) par l'action réciproque des différentes parties du circuit. La partie *a*) est proportionnelle au nombre v des tours, au nombre n des subdivisions d'enroulement, et à la différence $w' - w''$ des potentiels au commencement et à la fin d'une demi-révolution du système mobile. La partie *c*) est d'autant plus petite que le nombre n des subdivisions est plus grand. Le travail produit se déduit de l'induction totale ε par la formule $\varepsilon i = [n(w' - w'')i - \rho i^2]\, v$.

Pour le travail de la force pondéro-motrice T, M. Clausius trouve l'expression $T = n(w' - w'')\, iv$, on en déduit $\varepsilon i = - T - \rho vi$.

M. Clausius cherche ensuite comment la machine doit être construite. En se basant sur une formule simple et seulement approchée, donnée par Fröhlich, il considère successivement le cas du noyau de fer et d'un aimant fixes avec une bobine seule mobile, celui où le noyau tourne aussi lentement, et enfin celui où le noyau tourne rapidement. Dans ces trois cas il obtient les valeurs εi et T. En calculant alors par la formule ci-dessus, l'intensité du courant produit par la machine, il arrive à des résultats qui sont d'accord avec les faits connus; il en déduit par exemple l'explication des *tours morts,* et la différence que présentent les machines magnéto-électriques et dynamo-électriques [1].

[1] Cet important mémoire de M. Clausius paraîtra prochainement *in extenso* dans les *Archives.*

M. C. DE CANDOLLE, de Genève, entretient la section des recherches qu'il a faites relativement à la *Formation des rides à la surface du sable déposé au fond de l'eau*, recherches dont l'exposé détaillé a récemment paru dans les *Archives*[1].

En résumé, de nombreuses expériences lui ont prouvé que ce phénomène a généralement lieu toutes les fois qu'une couche liquide exerce un frottement suffisamment énergique sur une matière plus visqueuse que lui. Il a été, de la sorte, conduit à envisager le sable déposé au fond de l'eau comme constituant avec celle-ci un mélange visqueux, à la surface duquel le frottement de l'eau pure superposée développe des vagues de la même façon que le frottement de l'air en produit à la surface libre de l'eau. La cohésion du mélange d'eau et de sable retarde le dénivellement de ces vagues visqueuses, ce qui laisse aux particules les plus lourdes le temps de s'accumuler au-dessous de chaque arête en rides permanentes dont la direction est à angle droit avec celle du mouvement des liquides et dont l'écartement est en raison directe de l'énergie du frottement. M. de Candolle montre que le phénomène des rides peut être produit dans des récipients pleins de liquide et hermétiquement clos, même lorsque ceux-ci n'ont qu'un très faible calibre. Il se sert pour cela d'un appareil fort simple, consistant en une cellule de verre de forme circulaire à deux faces parallèles d'un diamètre de 5 centimètres, séparées intérieurement par un intervalle de 1 millimètre. La cellule étant remplie d'eau tenant en suspension du carbonate de baryte ou toute autre poudre insoluble, il suffit de lui imprimer un

[1] *Archives*, mars 1883, t. IX, p. 241.

mouvement de rotation oscillatoire autour de son centre dans un plan horizontal, pour que la matière déposée sur le fond les groupe en rides rayonnantes. Un mouvement de rotation dans un sens uniforme, mais un peu saccadé, produit le même résultat. En faisant osciller la cellule non plus dans un plan horizontal, mais autour d'un des diamètres de son fond circulaire, on obtient des rides transversales parallèles à ce diamètre, et l'expérience peut être variée de diverses manières. M. de Candolle insiste enfin sur le fait que les mêmes phénomènes peuvent être obtenus en substituant aux mélanges d'eau et de matières pulvérulentes des corps tels que le sirop, la glycérine, le goudron, qui doivent leur viscosité à leur structure moléculaire. Il le prouve en répétant devant la section une expérience déjà décrite dans le mémoire cité plus haut et qui consiste à produire des rides de goudron à l'intérieur d'un flacon plein d'eau. Dans ce cas, les rides se forment sur une surface parfaitement plane au début, ainsi que cela a lieu pour les vagues ordinaires. Lorsque l'on cesse de faire osciller le flacon, les rides du goudron s'affaissent graduellement et la matière reprend une surface horizontale unie. Toutefois, si l'on imprime au flacon, et par suite à l'eau qu'il renferme, un mouvement suffisamment énergique, toute la masse du goudron prend part à la formation des vagues entre lesquelles l'eau finit par s'intercaler jusqu'au fond et qui se trouvent alors transformées en véritables rides permanentes.

M. le professeur H.-F. Weber, de Zurich, parle de ses recherches *Sur la conductibilité calorifique des liquides et des gaz;* après avoir exposé la méthode qu'il a suivie, et son

procédé pour la détermination des températures (ces deux points ont été développés il y a quelques années dans le *Vierteljahrschrift der Zürch. naturforsch. Gesellsch.*), il passe à l'examen de la question : quels sont les facteurs d'où dépend principalement la conductibilité des liquides. Une longue série d'observations sur divers carbures d'hydrogène liquides, l'a amené aux conclusions suivantes : 1° la conductibilité croît lorsque la structure moléculaire devient plus simple; 2° la conductibilité reste sensiblement la même lorsque le nombre des atomes de la molécule reste le même.

L'application de la même méthode à la conductibilité des gaz donne lieu à quelques objections de la part de MM. Clausius et Kundt.

M. Raoul Pictet présente une *Démonstration expérimentale du second principe de la théorie mécanique de la chaleur.*

Les constructeurs de machines à vapeur ont toujours déploré de ne retrouver comme travail utile de leurs moteurs que le $^1/_{10}$ de la valeur totale fournie par le combustible aux chaudières générateurs de vapeur. Quelques-uns conservent encore l'espoir de voir ce rendement augmenter et atteindre 40 ou 50 $^0/_0$ de la chaleur produite par le charbon. Il est malheureusement regrettable que cet espoir soit absolument chimérique.

M. Pictet a cherché à démontrer expérimentalement le théorème qui lie entr'elles les quantités de travail maxima que l'on peut sortir d'une quantité donnée de chaleur. Ce théorème montre que les machines à vapeur Corliss et Compound sont bien près de donner le maximum théorique prévu.

En accouplant une machine motrice à vapeur avec une machine frigorifique à acide sulfureux, on détermine la formation de deux *cycles fermés* réversibles.

Dans le premier, la chaleur fournie à la température t' de la chaudière, chute de la température t' à la température t du condenseur.

Le travail moteur est fourni en kilogrammètres, soit au moyen du frein, soit par la lecture des diagrammes des pressions de la vapeur.

Dans le deuxième cycle, la chaleur latente de cristallisation de l'eau est portée de la température inférieure t_1 égale à $-10°$ à la température supérieure t_1' égale à la température de l'eau courante, et variant de $+20°$ à $+30°$.

Le travail consommé est exactement celui de la machine à vapeur, moins les efforts passifs dus à la communication mécanique.

La théorie donne les rapports suivants :

$$Q.\frac{t'-t}{274+t'}431 = \text{travail du moteur en kilogrammètres.}$$

$$Q_1\frac{t_1'-t_1}{274+t_1}431 = \text{travail à fournir à l'appareil frigorifique.}$$

En remplaçant Q par la chaleur prise aux chaudières en eau vaporisée, et Q_1 par la chaleur soutirée à l'eau sous forme de kilogrammes de glace, on trouve expérimentalement une *identité*.

S'il en était autrement, en accouplant une machine frigorifique à une machine à vapeur, et en combinant

leurs effets, on tomberait sur un *mouvement perpétuel*, conséquence impossible.

Le second principe mécanique de la chaleur limite donc absolument le rendement en travail des machines thermiques.

M. le professeur H.-F. Weber fait une communication *Sur la détermination de l'ohm*. Après avoir rappelé la valeur trouvée pour l'*ohm* par différents observateurs, et résumé les travaux de la commission internationale pour la détermination des unités électriques, M. Weber montre les quatre grandes bobines dont il compte se servir pour appliquer sa méthode de détermination de l'ohm. Si l'on fait coïncider les axes de deux de ces bobines, et si l'on interrompt un courant I qui passe dans l'une d'elles, il en résulte dans l'autre bobine un courant d'induction $j = \frac{p}{w} I$, w étant la résistance absolue du circuit induit, et p le potentiel électro-dynamique des bobines l'une par rapport à l'autre; p se déduit du calcul de deux intégrales elliptiques; on mesure l'intensité I en utilisant deux tours de fil des deux bobines non employées, et j s'obtient par l'emploi de tous les tours de l'une des bobines du galvanomètre. L'équation ci-dessus donne alors la valeur de w dans le cuivre. Cette méthode a entre autres avantages celui d'éliminer la composante horizontale du magnétisme terrestre.

M. Henri Dufour, de Lausanne, expose les *Résultats des observations et des recherches faites dans le laboratoire de l'Académie de Lausanne sur l'électricité atmosphérique*. L'étude de l'état électrique de l'air et de ses variations est faite

au moyen d'un électromètre enregistreur (système de M. Mascart[1]). Les tracés obtenus pendant les six premiers mois d'observation ne permettent pas encore de fixer d'une façon certaine les moments précis des maxima et des minima diurnes ni leur valeur, on peut cependant reconnaître la périodicité suivante dans les courbes.

1er maximum 7 h. matin.	2me maximum 9 h. soir.
1er minimum 3 à 5 après midi.	2me minimum 3 à 4 du matin.

Les courbes obtenues par un ciel serein et un temps calme sont remarquablement constantes et caractéristiques; ce qui frappe surtout c'est la faible valeur du potentiel de l'air entre minuit et 5 h. du matin, suivi d'un accroissement rapide de 5 h. à 7 h. du matin. On reconnaît en outre à l'inspection des courbes qu'elles sont intimement liées à l'état général du temps.

M. Dufour montre les courbes caractéristiques d'un ciel serein et temps calme, ciel serein et vent du N.-E. fort, ciel couvert, alternatives de nuages et de soleil, etc. Dans les cas de chutes aqueuses, pluie, neige, les variations de l'état électrique deviennent très considérables et tout à fait semblables à celles qu'on constate pendant les orages. Le signe négatif est fréquent pendant les chutes de pluie ou de neige, mais il peut bien arriver que deux averses successives séparées par une éclaircie aient deux signes électriques différents.

Les indications données par l'électromètre sont assez complexes, elles dépendent du potentiel de l'air lui-même au point où se fait l'écoulement d'eau, et de l'influence que peuvent exercer des régions électrisées, situées même à

[1] Voir *Archives*, 15 mai 1883, t. IX, p. 500.

grande distance, sur les gouttelettes d'eau qui s'échappent du tube d'écoulement. L'électromètre donne ainsi la résultante d'actions diverses, ses indications ressemblent sous ce rapport à celles d'un thermomètre librement suspendu en plein air, dont la température dépend de celle de l'air en contact avec la boule du thermomètre, et de la température des corps qui sont situés à distance de l'instrument et qui agissent sur lui par rayonnement.

Il serait intéressant de séparer ces deux actions et de déterminer l'état électrique propre de l'air. Quelques essais ont été tentés dans cette direction de la manière suivante. Le tube d'écoulement communiquant avec l'électromètre débouchait au centre d'une cage métallique carrée de 40 centimètres de côté dont les six faces étaient en toile métallique. Chacune des faces pouvait être enlevée sans déplacer les autres. La cage étant entièrement fermée, l'électromètre indiquait le potentiel des masses d'air qui passaient au travers des mailles. En enlevant l'une ou l'autre des faces, l'instrument se trouvait soumis à l'influence d'une région déterminée de l'espace. Les résultats obtenus montrent qu'on peut étudier ainsi la distribution électrique dans l'espace et l'état électrique de l'air lui-même.

A côté de ces observations M. Dufour a fait un certain nombre d'expériences pour reproduire artificiellement les phénomènes électriques qui se présentent dans l'air. En produisant des chutes de gouttelettes d'eau, sous la forme de pluie, de 5 à 15 mètres de hauteur dans de l'air non électrisé il a constaté la production d'électricité. Cette production était plus abondante dans l'air chargé de poussières que dans l'air pur.

La fumée produite par un peu de paille mouillée a

donné, à 5 mètres au-dessus du foyer, des signes d'électricité positive très nets; lorsque cette fumée était entraînée par un courant d'air sous forme de bouffées plus ou moins épaisses, l'électromètre indiquait des variations au passage de chaque nuage comme celle qu'on constate pendant le brouillard.

Des nuages de vapeur s'échappant d'une chaudière communiquant avec le sol ont donné des signes identiques.

L'air d'une grande salle ayant été électrisé, les courants d'air établis dans la salle ont produit des variations de l'électromètre tout à fait semblables à celles enregistrées pendant les jours de vent du nord.

Des expériences ont été tentées pour déterminer si la condensation brusque de la vapeur dans l'air sous la forme de brouillard sont accompagnées de production d'électricité: les résultats ont constamment été négatifs.

Les communications suivantes étaient encore annoncées, mais n'ont pu être faites, faute de temps.

M. le Dr A. Kleiner, de Zurich. *Sur la chaleur de magnétisation.* La chaleur de magnétisation dont la nature donne encore lieu aux vues les plus opposées, peut se calculer simplement en admettant qu'elle est l'équivalent du travail effectué par les forces magnétisantes, pour établir dans une substance donnée un moment magnétique déterminé. Nous considérons un corps magnétisable comme constitué par un nombre très grand d'aimants élémentaires, ayant, dans l'état naturel, toutes les directions possibles, de sorte que le moment total soit nul par rapport à toute direction; une paire de pôles affectés de masses

magnétiques $+\mu$ et $-\mu$, et séparés par une distance λ, donne par rapport à l'axe des X un moment

$$m = \mu\lambda \cos \alpha$$

où α est l'angle de l'axe de ce couple et de l'axe des X ; à l'état naturel on a donc

$$\Sigma m = \Sigma \mu \lambda \cos \alpha = 0$$

Supposons maintenant que la force magnétisante X agisse suivant l'axe de X sur l'unité de masse magnétique, le moment de l'aimant élémentaire sera augmenté par suite de la rotation de son axe, α se changera en α', et on aura

$$m' = \mu\lambda \cos \alpha'$$

d'où

$$m' - m = dm = \mu\lambda (\cos \alpha' - \cos \alpha)$$

et le moment total résultant de l'action de la force X sera

$$M = \Sigma\, d\, m = \Sigma \mu \lambda (\cos \alpha' - \cos \alpha)$$

Or le travail correspondant à la rotation des éléments est le produit de la force X, par la projection sur X du déplacement de son point d'application

$$d\,A = X \mu (\lambda \cos \alpha' - \lambda \cos \alpha) = X\, d\, m$$
$$A = X M$$

Si ce travail correspond à la chaleur de magnétisation q, on a en désignant par J l'équivalent mécanique de la chaleur

$$q = \frac{X M}{J}$$

La chaleur de magnétisation serait donc proportionnelle à la force magnétisante, et au moment produit.

Des expériences faites par M. Bachmetjew, dans le laboratoire de M. Kleiner, ont établi l'exactitude de cette loi pour des barreaux de fer; on s'était assuré auparavant, en comparant le développement de chaleur dans une barre de fer et dans un barreau d'acier soumis aux mêmes forces magnétisantes, que la chaleur de magnétisation résulte du changement de l'état magnétique, et non des courants d'induction qui prennent naissance par des magnétisations répétées.

Dans le tableau suivant I est l'intensité du courant magnétisant, mesurée par la boussole des tangentes, que l'on regarde comme proportionnelle à la force magnétisante; M est le moment mesuré, en valeur relative, par les courants d'induction; *t* est l'élévation de température mesurée, en valeur relative, au milieu du barreau, au moyen d'une pile thermo-électrique; α est la valeur moyenne de la constante de proportionnalité. Le courant était ouvert et fermé douze fois et demie par seconde pendant une minute.

I	M	t	α I M
20	10,5	2,4	2.2
30	15.7	4,1	3,5
40	18,8	5,7	5.5
50	20,5	7.5	7,6
60	21,5	9.3	9,5
70	22,4	11,3	11,6
80	23,0	13,2	13.6
90	23.3	15,4	15.5
100	23.5	17,5	17,4

Ce tableau, et d'autres analogues, qui seront publiés ailleurs avec le détail des expériences, montrent nettement la loi de proportionnalité signalée ci-dessus. Ils montrent aussi que la production de la chaleur continue à croître avec la force magnétisante, même lorsque le moment est devenu constant.

Des mesures absolues seront nécessaires pour démontrer la vérité de l'hypothèse faite en commençant.

M. le prof. HANN, de Vienne. Présentation de son ouvrage *Handbuch der Klimatologie (Manuel de climatologie)*.

M. le prof. Raoul PICTET, de Genève. *Nouveau procédé pour la fabrication de la pâte de papier de bois par l'emploi de températures relativement basses.*

M. le prof. HIRSCH, de Neuchâtel. *Sur les mouvements du sol.*

Chimie.

Président: M. le professeur WISLICENUS.

Dans la première assemblée générale, M. le professeur V. MEYER, de Zurich, parle *Sur la nature des éléments chimiques d'après les recherches récentes*. Il rappelle les idées qui régnaient dans l'antiquité et au moyen âge sur la nature des éléments, jusqu'à la définition de Robert Boyle: *un corps élémentaire est simplement un corps que nous ne pouvons pas décomposer*. Il parle des poids atomiques et de leurs relations, de l'hypothèse de Prout sur la matière primordiale, et des essais que l'on a fait ensuite pour baser une hypothèse analogue sur les rapports réguliers qui

existent entre les poids atomiques. Après de nombreuses observations sur les triades et sur d'autres lois qui ne s'appliquent qu'à de petits groupes d'éléments, et qui ont été étudiées par Döbereiner, Dumas, Pettenkofer, etc. ; l'illustre chimiste russe Mendelejeff et l'allemand Lothar Meyer sont parvenus à comprendre tous les éléments dans une règle générale, en reconnaissant que les propriétés des corps simples sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques.

M. Meyer montre un tableau comprenant les deux *petites* périodes et la *grande*, ainsi qu'une courbe que l'on obtient en prenant les poids atomiques pour abscisses, et les volumes atomiques comme ordonnées. La marche parfaitement régulière de cette courbe qui présente cinq maxima, prouve que l'on a bien réellement affaire à une loi de la nature.

Au moyen du tableau et de la courbe, on arrive à prédire l'existence d'éléments qui ne sont pas encore découverts, et qui manquent à la continuité de la série, et à ramener à leur vraie valeur des poids atomiques erronés. C'est ainsi que Mendelejeff a prédit l'existence du gallium et du scandium alors inconnus, et a pu déterminer d'avance et *exactement* leurs poids atomiques. Ces faits semblent appuyer l'hypothèse que les éléments ne sont que des formes composées différentes d'une même matière primitive, et il y a lieu par conséquent de faire des essais dans l'espoir de les décomposer. C'est ce qui a été essayé dans ces dernières années. Si l'on porte des corps simples à la température du rouge blanc, un grand nombre d'entre eux ne paraissent pas s'altérer, ainsi l'oxygène, l'azote, le soufre, le mercure, tandis que le chlore, le brome, l'iode, se modifient, leur molécule double se décomposant

en ses atomes constituants. Mais jusqu'à présent on n'a pu obtenir la séparation d'un élément en substances différentes qualitativement, encore moins le dégagement d'une substance primordiale quelconque. Espérons que l'avenir apportera des preuves expérimentales de l'existence d'une telle substance.

M. le prof. F. KRAFFT, de Bâle, présente quelques *Alcools supérieurs de la série* $C^n H^{2n+2} O$, et ajoute quelques remarques sur la synthèse des alcools en général.

En distillant dans le vide les sels de baryte des acides gras supérieurs $C^n H^{2n} O^2$ avec du formiate de baryum on obtient facilement les aldéhydes $C^n H^{2n} O$. Celles-ci chauffées avec de la poussière de zinc et de l'acide acétique glacial, donnent les acétates $C^n H^{2n+1} (C^2 H^3 O^2)$.

Ces corps, relativement très stables, sont soumis à la rectification, et décomposés en acide acétique et en alcools par la potasse caustique en solution alcoolique. Ce procédé peut s'appliquer à la préparation en grand des alcools, et les substances ainsi obtenues peuvent servir, comme les acides gras, de point de départ pour des recherches ultérieures. En réduisant ces alcools on obtient facilement les hydrocarbures saturés correspondants ($C^n H^{2n+2}$), et par élimination d'une molécule d'eau les hydrocarbures de la série de l'éthylène $C^n H^{2n}$. Jusqu'à présent les alcools primaires normaux suivants ont été préparés et décrits en détail :

Alcool décylique	$C^{10} H^{22} O$	fond	à + 7°,	bout	à 119°.
» *dodécylique*,	$C^{12} H^{26} O$	»	à + 24°	»	143,5°.
» *tetradécylique*,	$C^{14} H^{30} O$	»	à + 38°	»	167°.
» *hexadécylique*,	$C^{16} H^{34} O$	»	à + 49,5	»	189°.
» *octadécylique*,	$C^{18} H^{38} O$	»	à + 59°	»	210,5°.

(sous 15^{mm} de pression).

Ces alcools se présentent en masses de gros cristaux ou sous forme d'écailles brillantes argentées. L'alcool hexadécylique est identique avec l'alcool cétylique découvert par Chevreul en 1818. Les autres alcools ont été préparés pour la première fois par l'auteur.

M. le prof. Louis SORET, de Genève, donne un résumé de ses *Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violets par diverses substances d'origine animale,* en faisant ressortir le parti que les chimistes peuvent tirer de cette branche de l'analyse spectrale.

Après avoir rappelé les résultats qu'il avait précédemment obtenus sur les milieux de l'œil, et particulièrement sur les humeurs aqueuse et vitrée qui présentent une bande d'absorption caractéristique, il montre que la substance non encore déterminée produisant cette bande doit être cristalloïde.

Les divers corps albuminoïdes qui ont été examinés donnent lieu à des spectres à peu près identiques entre eux, présentant une bande d'absorption bien déterminée différente de celle de l'humeur aqueuse. On peut conclure de cette constance des résultats que toutes les substances albuminoïdes contiennent un principe commun auquel est due la bande d'absorption qui les caractérise.

L'acide chlorhydrique n'altère pas sensiblement les propriétés d'absorption des albumines. Au contraire, l'addition de soude ou d'ammoniaque les modifie profondément. Cette action, qui est la même pour tout ce groupe de corps, est une nouvelle preuve de l'identité du principe auquel est dû leur spectre caractéristique. Elle montre en outre que l'action des alcalis détermine une modification

de constitution moléculaire, ce qui n'a pas lieu dans la combinaison avec l'acide chlorhydrique.

M. Soret donne aussi les résultats de ses observations sur un assez grand nombre de corps dérivés de l'albumine ou pouvant l'accompagner. Plusieurs de ces corps présentent des spectres très spéciaux qui pourront être utilisés pour l'analyse qualitative. Il ne s'en est jusqu'ici trouvé aucun présentant des caractères identiques à celui de l'humeur aqueuse. Mais le spectre de la tyrosine, naturelle ou artificielle, se rapproche assez de celui de l'albumine pour que l'on ne doive pas exclure l'hypothèse qu'il soit dû au même principe.

M. Soret termine sa communication en résumant ses observations sur un certain nombre de liquides animaux dont la plupart accusent à l'analyse spectrale la présence d'albumine. Il présente des photographies de la bande d'absorption dans le violet qu'il avait précédemment signalée dans le spectre du sang.

Sur la demande qui lui est adressée par M. le prof. V. Meyer, M. Soret donne une description succincte de la méthode et des appareils qu'il emploie dans ses recherches [1].

M. le Dr M. Cérésole, de Lausanne, fait une communication *Sur les acides acétacétiques.*

M. le professeur V. Meyer montre des *Appareils pour la détermination des densités des gaz aux très hautes températures.* Le fourneau à soufflerie qu'il emploie, chauffé

[1] Voir pour cette description, *Archives*, 1883, t. IX, p. 513.

avec du charbon de cornue, permet d'obtenir une température de plus de 1600°, à laquelle l'oxygène et l'azote gardent leur densité normale. Un thermomètre à air construit en platine et porcelaine, et protégé contre la flamme par un moufle, sert à mesurer les températures. La plus fine porcelaine de Berlin peut être rendue complètement liquide dans ce four. L'orateur montre de cette porcelaine fondue. Il a aussi pu fondre du palladium pur et du fer forgé dans de petits creusets en terre réfractaire. Il continue ses expériences sur la diminution de la densité des corps halogènes aux hautes températures.

M. V. Meyer présente aussi le *thiophène* C_4H_4S qu'il a découvert dans la benzine du goudron, ainsi que l'huile contenant du soufre qui existe vers 110° dans le toluène de goudron. Il montre les dérivés du thiophène, ainsi que les réactions colorées caractéristiques de la nouvelle substance. La benzine et le toluène soi-disant purs du goudron sont constamment souillés par ces matières colorantes, qu'on peut enlever en les agitant avec de l'acide sulfurique concentré. M. Meyer a l'intention d'étudier en détail les dérivés du thiophène, qui ressemblent à s'y méprendre à ceux de la benzine.

M. le prof. Schulze, de Zurich, communique les recherches qu'il a faites en commun avec M. J. Barbieri, *Sur l'acide phenylamidopropionique.* Ce corps s'obtient, ainsi que d'autres acides amidés, en chauffant des substances albuminoïdes avec de l'acide chlorhydrique et du chlorure d'étain. Ses propriétés sont les mêmes que celles de l'acide phénylamidopropionique retiré des bourgeons

par les mêmes auteurs [1]. Il donne les mêmes produits de décomposition que l'acide phénylamidopropionique de MM. Erlenmeyer et Lipp, et lui est probablement identique; toutefois les deux substances présentent dans leur manière de cristalliser, et dans quelques autres caractères des différences qui ne sont pas encore expliquées.

M. Schulze parle ensuite de quelques *Corps qui entrent dans la composition des fromages de l'Emmenthal,* et présente un certain nombre de ces produits (caséoglutine, leucine, tyrosine, lactate de zinc).

M. le prof. Wislicenus, de Wurtzbourg, fait quelques communications *Sur la relation entre le pouvoir rotatoire optique des carbures d'hydrogène et l'existence d'un atome de carbone asymétrique.* Le Bel a signalé, il y a déjà plusieurs années, que le méthyldiéthyl-méthane préparé par l'action du sodium sur de l'iodure d'amyle actif et de l'iodure de méthyle, ne fait pas tourner le plan de polarisation; Le Bel toutefois ne donnait pas d'autres détails sur la préparation de ce carbure, et n'avait pas fait de contre-épreuve. Le Dr Just, chargé par M. Wislicenus d'éclaircir cette question, ne parvint par aucun procédé à produire des quantités un peu considérables de méthyldiéthylméthane, le sodium agissant à peine sur un mélange des deux iodures, et n'agissant même pas du tout, si l'on évite toute élévation de température. Mais on peut faire une expérience analogue en remplaçant dans l'iodure d'amyle actif, l'iode par de l'hydrogène. La réaction

[1] *Berichte der deutschen chem. Gesellschaft*, XIV, 1785.

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ CH_2I \end{array} + HCl + Zn = ZnClI + \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

se produit en effet au-dessous de 0°. L'éthyldiéthylméthane bouillant à 30° est absolument inactif.

Un mélange d'iodure d'amyle actif et d'iodure d'éthyle perd facilement son iode par l'action du sodium. A côté du diéthyle et du diamyle, il se forme du méthyléthylpropylméthane (point d'ébullition 51°).

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ CH_2I \end{array} + IC_2H_5 + Na_2 = 2\,NaI + \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ C_3H_7 \end{array}$$

dont le pouvoir rotatoire est plus fort ($[\alpha] = +\ 3{,}91°$) que celui de l'iodure d'amyle ($[\alpha] = +\ 2{,}43°$) dont il provient.

Le diamyle (point d'ébullition 160°) qui se produit en même temps que l'éthyle-amyle par l'action du sodium sur l'iodure d'amyle est encore plus actif ($[\alpha] = +\ 8{,}69°$).

$$2\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ CH_2I \end{array} + Na_2 = 2\,NaI + \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ CH_2 \end{array} - \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.C_2H_5 \\ | \\ CH_2 \end{array}$$

On voit que l'activité optique se conserve avec l'asymétrie du carbone, et disparaît au contraire avec elle.

M. le prof. WISLICENUS parle encore des *Produits de la réaction du dichlorure de phtalyle sur la combinaison sodique*

de l'éther malonique. Cette réaction, en l'absence d'eau et d'alcool, se produit principalement suivant l'équation

$$C_6H_4\begin{matrix} CCl_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \quad\quad O \\ \diagdown \quad \diagup \\ CO \end{matrix} + 2\,Na\,CH\,(CO.O.C_2H_5)_2$$

$$= 2\,Na\,Cl + CH_2\,(CO.O.C_2H_5)_2 +$$

$$+ C_6H_4\begin{matrix} C = C\,(CO.O.C_2H_5)_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \quad\quad O \\ \diagdown \quad \diagup \\ CO \end{matrix}$$

le produit, la phtaléine de l'éther malonique, est insoluble dans l'eau, cristallise remarquablement bien dans l'alcool et dans l'éther, et fond à 74°,5. Les alcalis le décomposent en malonate et phtalate. En solution acétique, il se transforme par l'action du zinc en éther acide cristallisé, fusible à 86°,

$$C_6H_4\begin{matrix} CH_2CH\,(CO.O.C_2H_5)_2 \\ \diagup \\ \\ \diagdown \\ COOH \end{matrix}$$

qui, après saponification, donne des sels de l'acide tribasique

$$C_6H_4\begin{matrix} CH_2.CH\,(COOH) \\ \diagup \\ \\ \diagdown \\ COOH \end{matrix}$$

Celui-ci se décompose à 170° en acide carbonique et acide phénylpropionorthocarbonique, fusible à 165°,5.

$$C_6H_4\begin{matrix} / CH_2 . CH(COOH)_2 \\ \backslash COOH \end{matrix} = CO^2 + C_6H_4 \begin{matrix} / CH_2CH_2COOH \\ \backslash COOH \end{matrix}$$

La séparation la plus remarquable est celle de cette phtaleine, qui se produit par l'ammoniaque. Des solutions alcooliques anhydres des deux produits, donnent après quelques minutes des cristaux blancs. La réaction terminée, il reste de la malonamide en solution dans l'alcool. Si l'on opère à chaud, les cristaux consistent en phtalylimide; à froid, au contraire, c'est de la phtalyldiamide non encore décrite.

$$C_6H_4 \begin{matrix} / C - C(CO.OC_2H_5)_2 \\ \backslash \quad O \quad / \\ CO \end{matrix} + 4\,NH_3 = 2\,HOC_2H_5 +$$

$$+ CH_2(CO\,NH_2)_2 + C_6H_4C_2O_2(NH_2)_2$$

Cette dernière substance se transforme en phtalylimide, par une faible chaleur, et aussi en chauffant la solution aqueuse. Il se dégage en même temps de l'ammoniaque.

M. le prof. E. Schaer, de Zurich, fait une petite *Communication historique* sur un travail peu connu d'un pharmacien distingué du siècle dernier, F.-L. Desaive, de Liège, né en 1742.

M. le prof. Schær rappelle les travaux les plus marquants de Lavoisier, Priestley et Scheele; entre autres, les communications de Lavoisier (1772-1777), sur l'augmentation de poids du soufre et du phosphore pendant la combustion; la formation de *chaux métalliques* soit par

combustion soit par précipitation, enfin sur la nature de la substance combinée aux métaux pendant leur oxydation; puis les expériences classiques de Priestley, publiées en 1774, sur la décomposition de l'oxyde de mercure par la chaleur, enfin le mémoire célèbre de Scheele sur le feu et l'air, publié en 1777, contenant aussi, sans aucun doute, bien des observations des années précédentes.

Le travail de Desaive publié en 1775, a pour sujet l'oxyde de zinc, substance dont la préparation avait été indiquée peu de temps avant cette époque par la Pharmacopée d'Edimbourg. Desaive soumit l'oxyde de zinc à une étude chimique approfondie. Sa préparation le conduisit à une suite d'essais sur l'augmentation de poids du zinc pendant sa combustion. Les résultats analytiques obtenus par Desaive peuvent être considérés comme très exacts, vu l'insuffisance des méthodes analytiques de cette époque. Desaive avait trouvé que 240 parties de zinc donnent 294 parties d'oxyde. (La quantité théorique est 299.) Puis Desaive ajoute à son travail toute une série d'observations critiques qui prouvent d'une manière péremptoire que ce savant, quoique sous l'influence de la théorie phlogistique, reconnaissait que cette théorie n'expliquait pas d'une manière satisfaisante les réactions chimiques, et avait le pressentiment de bien des vérités qui ne furent confirmées que plus tard, lorsque les théories de Lavoisier furent adoptées par les chimistes.

Parmi les savants qui, par leurs travaux, contribuèrent au développement des nouvelles théories chimiques, Desaive mérite ainsi une place à côté de son collègue Scheele, plus célèbre que lui, auquel il ressemble du reste sous certains rapports.

Dr H. Goldschmidt. *Action de l'hydroxylamine sur les quinones.*

Le chlorhydrate d'hydroxylamine réagit facilement sur les quinones. Son action sur la phénanthrène-quinone, l'anthraquinone, la benzolquinone, a été spécialement étudiée.

La phénanthrène-quinone en solution alcoolique donne facilement à chaud, avec le chlorhydrate d'hydroxylamine, une combinaison

$$\begin{array}{l} C^6H^4 - CNOH \\ \;| \qquad\quad | \\ C^6H^4 - CO \end{array}$$

sous forme de fines aiguilles jaunes, fondant à 158° C., et qui donnent avec l'acide sulfurique concentré une solution rouge sang. Si l'on chauffe cette combinaison à 170° en tubes scellés avec de l'alcool, du chlorhydrate d'hydroxylamine et un peu d'acide chlorhydrique, il se forme un nouveau dérivé $C^{14}H^8N^2O$, fondant à 181° C., et qui cristallise en longues aiguilles fines. La constitution de ce corps peut être représentée comme suit :

$$\begin{array}{l} C^6H^4 - C = N \diagdown \\ \;| \qquad\quad | \qquad\quad > O \\ C^6H^4 - C = N \diagup \end{array}$$

L'anthraquinone ne réagit sur le chlorhydrate d'hydroxylamine que sous pression, et à 180°. On obtient ainsi un corps $C^{14}H^9NO^2$; c'est une poudre rouge clair, soluble dans l'alcool, donnant une solution rouge. La solution dans l'acide sulfurique concentré est jaune. Il se volatilise vers 200° sans entrer en fusion. Jusqu'à présent un dioximidoanthraquinone n'a pu être préparé.

La réaction de la benzolquinone $C^6H^4O^2$ sur une solu-

tion aqueuse concentrée de chlorhydrate d'hydroxylamine est très énergique, il se forme une masse charbonneuse.

En employant des solutions très étendues, M. P. Challand a pu obtenir une combinaison $C^6H^5NO^2$, une monoximidoquinone, dont la constitution peut être représentée par une de ces deux formules :

```
                              OH
                             /
      N.OH                  N———————┐
       ||                   |       |
       C                    C       |
      / \                  // \     |
    HC   CH               C    CH   |
    ||   ||               |    ||   |
    HC   CH               C    CH   |
      \ /                  \\ /     |
       C                    C       |
       ||                   |       |
       O                    O———————┘
```

On n'a pas essayé d'introduire deux groupes N(OH) dans la benzolquinone.

D'après ce qui précède, les différentes quinones ne se comportent pas d'une manière sensiblement différente vis-à-vis de l'hydroxylamine. Elles se comportent du reste comme le benzile, dans lequel un atome d'oxygène peut être plus facilement remplacé que l'autre par le groupe = N.OH.

Déjà, depuis un certain temps, un dioximido dérivé du benzile a été décrit dans le *Bulletin de la Société chimique de Berlin*. J'ai trouvé un second corps de la même formule, un isomère obtenu en chauffant à 160°, avec du chlorhydrate d'hydroxylamine, une solution alcoolique de benzile additionnée d'un peu d'acide chlorhydrique. Ce corps, le β diphenylglyoxime, fond à 206°, tandis que le α di-

phenylglyoxime fond à 237°; ce dernier est passablement moins soluble dans l'alcool que le dérivé β, qui peut aussi se préparer en chauffant à 200° le dérivé α avec de l'alcool. Selon toute probabilité l'isomérie de ces deux diphenylglyoximes a beaucoup de rapport avec celle d'autres dérivés du diphenylethane symétrique, entre autres l'isomerie des hydrobenzoïnes et des stilbènes dichlorés.

M. le Dr E. SCHUMACHER-KOPP présente quelques observations qu'il a eu l'occasion de faire comme chimiste cantonal à Lucerne.

Il signale en premier lieu les inconvénients qui résultent dans la fabrication de l'eau-de-vie de pommes de terre de l'emploi du bisulfite de soude, recommandé aux distillateurs par certaines fabriques de produits chimiques comme un désagrégeant puissant qui permet d'obtenir une plus grande quantité d'alcool. A l'instigation du conseil sanitaire, M. Schumacher a effectué divers essais qui lui ont montré qu'en employant cette substance, on introduit dans les produits distillés de l'acide sulfurique et même, si la distillation est poussée plus loin, du cuivre en quantité notable.

M. Schumacher attire ensuite l'attention sur certains mouvements moléculaires que l'on observe souvent au microscope dans la caséine précipitée de certains laits, lorsqu'on écrase un peu le liquide sous le couvre-objet; les mouvements peuvent facilement être confondus avec ceux des bactéries en bâtonnets. Il signale aussi des espèces de cellules d'assez grandes dimensions qui existent dans le lait des vaches atteintes de *nymphomanie*.

Les autres observations de M. Schumacher portent sur un cas d'empoisonnement simultané par l'arsenic de 75

volailles dont 20 périrent, tandis que les autres ne se remirent qu'au bout de trois à quatre semaines ; sur le fait que des livraisons de charbons en briquettes faites à la compagnie du Gothard se sont trouvées plusieurs fois de qualité très inférieure à celle des échantillons fournis en premier lieu ; on peut soupçonner là une manœuvre intentionnelle dont on fera bien de se souvenir avant de conclure des contrats de cette nature.

M. le prof. G. LUNGE, de Zurich. *Sur la formation de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb.* Résultats industriels, obtenus à l'instigation de l'auteur par M. Næf, dans la fabrique d'Uetikon.

1. En marche normale, il n'existe pas d'acide hyponitrique dans les chambres de plomb. Cet acide ne prend aucune part à la formation de l'acide sulfurique. Il prend naissance *en queue*, seulement comme produit secondaire et dans des circonstances tout à fait particulières.

2. En présence d'un grand excès de gaz nitrés, la formation de N^2O^4 a lieu dans la dernière chambre, car dans celle-ci il se produit très peu d'acide sulfurique. Il semble très probable que l'absence ou le refoulement de l'acide sulfureux sont de grande importance pour la production de N^2O^4.

3. La quantité d'oxygène contenue dans le gaz des chambres n'a pas grande influence sur la formation de N^2O^4.

4. Si dans les chambres le courant gazeux est coloré en jaune, la perte en N^2O^3 et N^2O^4 dans la tour de Gay Lussac est d'une certaine importance, elle peut s'élever dans les circonstances ordinaires *jusqu'à 60 °/₀ de la perte totale.*

5. Si le courant gazeux est incolore, la perte en nitrate dans la tour de Gay Lussac équivaut à 0,5 °/₀ Na NO^3, soit le 20 °/₀ de la perte totale. Les gaz qui se dégagent ne contiennent que des traces de N^2O^3 et N^2O^4, mais par contre N O et SO^2.

6. On ne rencontre jamais N^2O^4 dans l'acide de la tour de Gay-Lussac, lors même que les gaz des chambres et les gaz de sortie en contiendraient.

7. Pendant la transformation de SO^2 en H^2SO^4, on remarque une irrégularité qui n'est pas sans intérêt. Ainsi jusqu'au centre de la première chambre, 75 °/₀ de la quantité totale de SO^2 sont transformés en acide sulfurique, de là jusqu'à l'extrémité de la chambre, seulement 4 °/₀ de SO^2 sont transformés. La quantité totale de SO_2 est encore diminuée de 10 °/₀ après que les gaz ont traversé le conduit de passage entre la 1re et la 2me chambre.

L'emploi d'un système de plusieurs chambres est très favorable à la bonne marche des appareils, car en passant d'une chambre à l'autre les gaz éprouvent dans les conduits une légère pression, et se mélangent d'une manière intime.

8. Au centre de la première chambre le mélange des gaz est presque complet. La composition du mélange gazeux est la même à différentes hauteurs. Pourtant au centre il y a 0,1 — 0,2 °/₀ de SO^2 de plus que le long des parois.

9. Il est très peu probable que les gaz qui pénètrent dans les chambres s'élèvent premièrement pour retomber ensuite lentement. Ceux-ci se mélangent promptement déjà dans la partie antérieure de la première chambre.

10. La marche de la température dans tout un système de chambres est très régulière. Dans le premier

quart de la chambre en tête, où les réactions chimiques sont très intenses, la température des gaz s'élève d'environ 5 à 6°. Puis elle baisse lentement. Vers la fin du système de chambres l'abaissement est un peu plus fort.

11. En augmentant le cube des chambres de $1{,}5^{m^3}$ à $1{,}8^{m^3}$ par kilog. de soufre, on remarque dans les deux premières chambres un abaissement de température d'environ 9°-10°, dans la troisième de 5°-6°.

12. Le refroidissement par les parois des chambres ne se fait presque plus sentir dans l'intérieur à partir de 25^{cm} d'éloignement depuis la paroi, la température ambiante étant 19°. A $5\text{-}10^{cm}$ de la paroi le refroidissement est de 2°, à $10\text{-}25^{cm}$ seulement de 1°. Depuis un éloignement de 25^{cm} des parois jusqu'au centre de la chambre, la différence de température est de 5°. Par contre, depuis les parois au centre l'abaissement de température est de 8°.

13. Dans le milieu de la première chambre la température est plus basse de 5° à la partie inférieure qu'à la partie supérieure.

14. L'emploi d'eau pulvérisée au lieu de vapeur n'a pas grande influence sur la température des chambres.

M. le Dr Urech, de Stuttgart. *Recherches sur la relation qui existe entre la masse chimique et la vitesse de réaction pendant la réduction de la liqueur de Fehling par le sucre interverti.*

1. Des quantités équivalentes de sucre interverti et de liqueur de Fehling réagissent lentement à la température ordinaire. La quantité Cu_2O qui se dépose dans l'unité du temps devient successivement de plus en plus petite. La réduction reste partielle.

2. Avec un excès de sucre interverti la vitesse de réaction augmente.

3. Un excès de sulfate de cuivre, sans excès d'alcali ni de sel de Seignette, n'agit pas comme un excès de sucre interverti. La vitesse n'augmente pas en proportion.

4. Une quantité d'eau supérieure à la quantité normale diminue, et une quantité inférieure augmente la vitesse de réduction. Ceci n'est vrai qu'entre certaines limites de proportions. Ainsi le tiers de la quantité normale d'eau n'augmente pas la vitesse de réduction plus que la moitié.

5. Une quantité d'alcali inférieure à la quantité normale, diminue la vitesse de réduction.

M. le D[r] Urech. *Action de certains sels sur la vitesse d'interversion de la saccharose.*

La présence des sels neutres augmente la constante de vitesse d'interversion, pendant que ces sels seuls, lorsqu'ils ne donnent pas, dissous dans l'eau, des sels acides ou de l'acide libre, ne peuvent pas intervertir le sucre à la température ordinaire. Les essais ont été faits avec $NaCl$, NH^3Cl, $CaCl^2$, $BaCl^2$. Ces sels réagissaient dans des tubes scellés sur une solution de saccharose maintenue à 120° environ. La solution primitivement neutre devenait acide et la saccharose était intervertie. De tous les sels, c'est NH^4Cl qui agit le mieux et le plus rapidement, après lui viennent $CaCl^2$, $BaCl^2$ et enfin $NaCl$ qui est le moins propre à intervertir la saccharose.

Si l'on compare la vitesse d'interversion obtenue au moyen des sels avec celle obtenue au moyen d'une quantité équivalente HCl, on remarque qu'elle est très petite à 120° et que si, à la température ordinaire, il doit se

produire une interversion, celle-ci doit être très lente et beaucoup plus faible avec les sels qu'avec les acides.

L'action auxiliaire des sels est donc d'une tout autre nature que celle des acides, elle dépend peut-être d'une action électrique plus puissante exercée par les sels sur une solution acide de saccharose.

Voici quelques chiffres relatifs à l'action accélérante des sels:

1 molécule Na Cl, 1 molécule H Cl ou bien 9,21 gr. Na Cl et 5,74 gr. H Cl sont ajoutés à 100^{cc} d'une solution normale de saccharose. A 11° la constante de vitesse d'interversion *a* était 0,00834 tandis que sans addition de sel elle est 0,00391.

En employant NH^4Cl, on a :	*a*	= 0,00631,
Avec l'acide seul		= 0,00316,
En employant $CaCl^2$	*a*	= 0,001202,
Avec l'acide seul		= 0,0006166.

Ces chiffres montrent très clairement que la présence des sels (chlorures) rend la vitesse de réaction à peu près 2 fois plus grande que lorsque les acides agissant seuls.

M. le D[r] Urech rapporte encore *Quelques essais pour montrer que les constantes de vitesse d'interversion dépendent de la nature des acides employés.*

Les différents acides intervertissent le sucre avec une inégale vitesse. Plusieurs essais ont été effectués pour savoir s'il existe quelque connexion entre la valeur relative de leur acidité et la vitesse d'interversion qu'ils produisent; si, en d'autres termes, pour ces acides les racines carrées des constantes de vitesse *a* sont proportionnelles à leur acidité relative, ainsi que c'est le cas, d'après

Ostwald, pour d'autres réactions chimiques des acides. On a choisi pour ces essais :

$$HCl,\quad H^2SO^4,\quad C^2O^4H^2$$

tous employés à l'état dilué, et M. Urech a pu constater une concordance avec les valeurs relatives d'affinité, indiquées dans les tables de Thomsen. On a par exemple :

$$\frac{\sqrt{a_{HCl}}}{\sqrt{a_{1/2 C_2O_4H_2}}} = \frac{N\ {}^1/_2 \log 0{,}03296}{N\ {}^1/_2 \log 0{,}002291} = \frac{0{,}1815}{0{,}04787} = \frac{1}{0{,}26}$$

$$\frac{\sqrt{a_{HCl}}}{\sqrt{a_{1/2 H_2SO_4}}} = \frac{N\ {}^1/_2 \log 0{,}02869}{N\ {}^1/_2 \log 0{,}008709} = \frac{0{,}1694}{0{,}9015} = \frac{1}{0{,}55}$$

d'où	HCl	:	$\frac{H^2SO^4}{2}$	:	$\frac{C^2O^4H^2}{2}$
comme	1	:	0,55	:	0,26
au lieu de	1	:	0,49	:	0,26

M. le Dr Urech. *Présentation d'une lampe alimentée avec de l'éther de pétrole.*

Cette lampe se compose d'un récipient métallique contenant l'éther de pétrole, relié à un système de brûleur analogue à un bec de Bunsen un peu modifié en raison de la nature liquide du combustible.

Ce brûleur, en effet, a un double tube, afin d'obtenir la volatilisation du pétrole. Un robinet à 3 voies permet de fermer à volonté le tube principal sans éteindre la flamme de la seconde branche, de manière que la première

flamme puisse être allumée de nouveau sans qu'il y ait besoin de chauffer préalablement le tube pour volatiliser l'éther.

La lampe peut être pourvue d'une soufflerie; on obtient ainsi une chaleur suffisante pour fondre et étirer des tubes de verres difficilement fusibles, comme ceux que l'on emploie pour l'analyse organique élémentaire.

Cette lampe a été construite par C. Lilienfein à Stuttgart : je compte en donner une description détaillée dans le *Zeitschrift für analyt. Chemie* (Fresenius), I cahier, volume 23.

Zoologie.

Président : M. le prof. C. Vogt.
Vice-président : M. le Dr C. Keller.

Dans la première assemblée générale M. le prof. H. Fol, de Genève fait une communication *Sur l'origine de l'individualité chez les animaux supérieurs.*

La question que ces recherches avaient pour but d'élucider n'est pas celle de l'origine historique ou phylogénique des types supérieurs, mais seulement celle de l'origine physiologique de l'individu. Il s'agit de savoir à quel moment de l'ontogénie l'individualité prend naissance et se circonscrit, et en quoi consiste ce germe personnel.

Tant que l'on se contente de suivre la succession normale des événements embryogéniques, le problème reste insoluble ; l'expérimentation et l'observation des processus pathologiques peuvent seules nous fournir le critère désiré. Si nous arrivions à préciser les conditions et l'époque de l'origine des monstres doubles et multiples,

nous serions bien près de connaître celles de l'individu normal.

On a la fâcheuse habitude de confondre, sous le nom de monstres doubles, une quantité de formes très diverses par leur origine et les lois de leur organisation. Celles qui résultent de deux ou trois embryons provenant d'œufs distincts mériteraient plutôt le nom de monstres par réunion ; M. de Lacaze Duthiers a observé des faits de ce genre chez des larves de mollusques et en a donné une description des plus frappantes ; M. Fol a eu lui-même récemment l'occasion d'en voir chez l'Axolotl. Le résultat ne saurait être confondu avec les véritables monstres doubles. Ces derniers dérivent toujours de deux embryons plus ou moins distincts au début, bien que faisant partie d'un seul œuf. Comme c'est l'extrémité céphalique de l'embryon qui se forme la première chez les vertébrés, ces monstres auront toujours la tête dédoublée, tandis que le corps pourra être simple. La situation et l'angle de réunion dépendent de la distance à laquelle se trouvaient primitivement les rudiments des deux têtes. Lereboullet avait déjà démontré cette réunion progressive chez les poissons, et Rauber, grâce à la connaissance plus approfondie des phénomènes embryonnaires de ces animaux, dont nous sommes redevables surtout à His, a poussé la démonstration jusque dans les détails.

Si les deux embryons, au lieu d'être placés côte à côte, se trouvaient primitivement placés de telle façon que leurs axes fussent sur le prolongement l'un de l'autre, il pourra arriver que les têtes, venant à se rencontrer de bonne heure, se soudent intimement, tandis que les corps et les extrémités postérieures seront distincts. Les épico-

mes, les janiceps, etc., appartiennent à cette catégorie. Ou bien les deux individus ne se souderont que beaucoup plus tard par les parties voisines du nombril, ou bien encore ils se sépareront entièrement pour former des jumeaux homologues. Si les deux embryons voisins sont de tailles très inégales, le plus faible pourra être en partie ou totalement débordé par la croissance de l'autre, dont il ne sera plus qu'un appendice interne ou externe. Si l'extrémité antérieure de l'un des deux sujets qui composent un monstre double réuni par le tronc, vient à s'atrophier, il en résultera un être simple par la partie supérieure et double inférieurement. La disposition des parties et la structure normale de la tête caractérisent suffisamment cette troisième catégorie.

Les cas de bifurcation de la queue et de formation de doigts surnuméraires semblent appartenir à un tout autre ordre de phénomènes et doivent être provisoirement exclus de notre sujet.

Un examen attentif de ceux des monstres doubles de l'espèce humaine dont on possède des descriptions suffisantes a permis à M. Fol de les faire tous rentrer dans l'une des trois catégories indiquées. Il pense donc, avec MM. Dareste et Rauber que deux ou plusieurs germes se développant sur un seul œuf, sont l'origine des monstres doubles ou multiples, et il reste à savoir à quoi l'on peut attribuer cette apparition de deux ébauches embryonnaires distinctes au début.

C'est afin de résoudre cette question que M. Fol a entrepris au printemps dernier une nouvelle série de recherches expérimentales. L'espèce choisie a été un oursin, le *Strongylocentrotus lividus*, parce que ces animaux, d'une organisation fort complexe, sont cependant strictement indivi-

dualisés à toutes les périodes de leur existence, et que leurs œufs sont éminemment propices aux observations minutieuses.

M. Fol a montré précédemment que la fécondation, chez ces échinodermes, se fait par l'introduction d'un seul zoosperme par œuf. Cette observation est juste et répond à la règle générale. Mais il faut concéder à Selenka que parfois l'introduction de deux zoospermes n'entraîne aucun phénomène anormal. M. Fol pense que le chiffre 3 se trouve toujours au delà de ce que l'œuf peut admettre impunément. Le fait a une importance théorique incontestable, puisqu'il montre que le spermatozoaire ne représente pas par lui-même une individualité, mais seulement une certaine dose de substance nucléaire, possédant sans doute des propriétés spéciales.

L'œuf fécondé commence son développement par des partages répétés, et il est certain que les lois strictement déterminées de cette division progressive sont le facteur morphogénique le plus important. Chaque partage est précédé par la division du noyau qui prend pendant ces périodes d'activité la forme de figures caryokinétiques. Dans le cas normal, ces figures affectent la forme d'amphiasters et la première division de l'œuf est dirigée par un amphiaster simple. Les forces moléculaires qui produisent ces structures sont si puissantes, qu'elles résistent à une lésion ou à une compression de l'œuf. Le seul moyen connu de les modifier, sans abolir la vitalité du germe, consiste à modifier l'acte de la fécondation en altérant l'ovule avant cet acte.

Pour obtenir une fécondation anormale, M. Fol s'était précédemment adressé à des œufs mal mûrs, ou trop mûrs, ou extraits de l'ovaire de femelles malades. Il a

employé, dans sa dernière campagne de recherches, une méthode beaucoup plus correcte et plus démonstrative. Il prend des œufs parfaitement frais et mûrs et il les laisse séjourner pendant quelques minutes dans une eau saturée d'acide carbonique; ils sont ensuite transportés dans une eau bien aérée où la fécondation s'opère. L'action altérante est plus facile à mesurer et, comme elle n'est que passagère, les larves sont plus faciles à élever.

Les œufs qui n'ont été soumis qu'à une asphyxie de courte durée laissent pénétrer en général 3 ou 4 zoospermes. Les 3 ou 4 noyaux mâles qui en résultent vont se réunir au noyau femelle. Après un temps de repos un peu prolongé, ce noyau, trop fécondé, se résout en une figure caryokinétique de forme variable, qui mérite parfois le nom de triaster, mais affecte plus fréquemment une disposition de tétraster ou celle de deux amphiasters parallèles, indépendants ou reliés entre eux par un fuseau intermédiaire. Les larves qui en résultent continuent à vivre pour la plupart et présentent le plus souvent une monstruosité double.

Si les œufs ont été soumis à une asphyxie plus prolongée, ils laisseront généralement pénétrer de 5 à 10 spermatozoïdes. Les premiers noyaux mâles s'unissent au noyau femelle, mais les autres restent indépendants et deviennent petit à petit de véritables noyaux, semblables au noyau fécondé, mais plus petits de près de moitié. Le premier fractionnement se fait attendre plus longtemps encore que dans le cas précédent, et il présente cette particularité remarquable qu'à la figure complexe dérivée du noyau surfécondé viennent s'ajouter autant d'amphiasters qu'il y avait de noyaux mâles isolés. Ces amphiasters se réunissent volontiers en chapelets et en constellations, mais leur composition est exactement la même que celle

d'un amphiaster normal. Les zoospermes rencontrent donc dans le vitellus une substance qui joue un rôle analogue à celle du noyau femelle et qui leur permet de se comporter comme de véritables noyaux combinés. En effet, lorsque le développement continue, ce qui n'est pas toujours le cas, il se forme des larves qui sont des monstres multiples, des polygastrées.

Il résulte de ces faits qu'un excès de substance nucléaire mâle amène un dédoublement du noyau combiné, et que cette substance peut, au besoin, devenir un centre de développement, sans le concours du noyau femelle. Si nous tenons encore compte des cas de parthénogénèse, où le noyau femelle préside seul au développement, nous voyons que la question de l'origine de l'individualité n'est pas absolument liée à la dose ni à la provenance de la substance du noyau. Le nombre des individualités, qui prendront naissance dans un œuf anormal, ne peut se reconnaître qu'au nombre des amphiasters qui se montrent lors de la première caryokinèse.

L'explication que M. Fol donne de l'origine des monstres doubles est pleinement confirmée par les résultats généraux obtenus chez les poissons par Jacoby, Lereboullet et Bugnion, et chez la grenouille par Born. Une proportion notable de monstres doubles a été obtenue avec une grenouille dont les œufs, conservés longtemps apres l'époque de la ponte de l'espèce devaient être altérés au moment de la fécondation. La théorie que M. Fol propose s'accorde donc avec tous les faits connus.

Dans la séance de section, M. H. Goll, de Lausanne, apporte une *Contribution à l'histoire naturelle des Corégones du lac de Neuchâtel.*

M. Goll partage en deux groupes les Corégones du lac de Neuchâtel.

a. Les poissons sédentaires, qui d'ordinaire vivent au fond du lac.

b. Les poissons migrateurs, qui se répandent partout dans le lac, et se tiennent plutôt dans les couches supérieures.

Une carte montre les reliefs du fond du lac, et sert à expliquer les habitats des diverses formes de poissons. A ce point de vue deux formes particulières nécessitent des données plus détaillées : la Bondelle et la Palée (Ballen). L'opinion de Rapp (*Fische des Bodensees*) qui fait de la Bondelle une jeune Palée ou un jeune Blaufelchen (Cor. Wartmanni) est démontrée fausse par les observations de M. Goll ; ce poisson devrait bien au contraire constituer, suivant ce dernier, une espèce particulière. L'auteur propose d'appeler ce poisson *Coregonus candidus*, à cause de sa livrée assez constamment pâle et presque dépourvue de pigmentation (ce n'est guère qu'en été que la Bondelle prend parfois une légère teinte bleuâtre). La Bondelle est un poisson de fond, tout à fait sédentaire, et qui vit toujours en nombreuse société. — La Palée est, par contre, un poisson migrateur qui voyage dans les couches supérieures de l'eau, nage avec beaucoup plus d'adresse, et ne vit pas d'ordinaire en sociétés comme la Bondelle. Comme trait tout particulièrement caractéristique, on peut citer les petites dimensions et la forme parabolique de la tête. Les derniers rapports sur les migrations de la Palée sont ici du plus haut intérêt. En effet, l'abaissement des eaux du lac de Neuchâtel a aujourd'hui mis à sec des places qui, sur les rives de celui-ci, servaient autrefois de frayères à ces poissons, et il paraît probable que c'est par suite de

ces circonstances que la Palée, ne trouvant plus de places convenables, se transporte maintenant, pour frayer, dans les lacs de Morat et de Bienne, où on ne la trouvait pas précédemment. Autant que les observations faites jusqu'ici permettent de l'établir, il paraîtrait que la Palée revient de suite, après le dépôt du frai, au lac de Neuchâtel.

M. Goll fait circuler ensuite une série de coupes verticales faites sur des poissons gelés, et recommande celles-ci comme objets de démonstration dans les cours et leçons.

M. le Dr Keller présente au nom de M. le prof. Pavesi, de Pavie, quelques remarques critiques sur les *Arachnides de la Suisse*, de Bremi. Tout en rendant toute justice aux travaux de Bremi, il doit dire cependant qu'une étude approfondie des Arachnides de la Suisse l'a amené à conclure que Bremi, et ceux qui l'ont suivi, n'ont pas toujours été heureux dans leurs déterminations. Après avoir revisé soigneusement les genres de Bremi, M. Pavesi est en mesure d'en donner une détermination nouvelle, qui sera publiée plus tard dans les *Mémoires de la Société helvétique des Sciences naturelles.*

M. le Dr Otto Stoll, de Zurich. *Esquisse de la faune du Guatemala.*

La succession des faunes locales qui composent la faune générale de ce pays peut s'étudier avec avantage sur une section dirigée du S.-O. au N.-E., du port San José de Guatemala par exemple, jusqu'au village d'Izabal.

Le littoral méridional nous présente d'abord des lagunes d'eau saumâtre nommées « Esteros » séparées de la haute mer par de longues dunes de sables basses et de peu

de largeur, interrompues par places et couvertes de forêts de Mangliers, de Rhizophores, etc. Les rivières du versant méridional se jettent dans ces lagunes. L'on y rencontre, en fait de poissons, la raie qui s'enfonce dans le sable ou la vase, relève sa queue en avant à l'approche d'un ennemi et plante son aiguillon dorsal dans les chairs de l'aggresseur à la manière des scorpions; les blessures sont extrêmement dangereuses. Un *Anableps* qui porte dans le pays le nom de « Cuatro ojos » nage en abondance à la surface de l'eau dans les estuaires des rivières. Les yeux sont partagés par un bourrelet en une moitié supérieure et inférieure et l'animal nage de telle façon que la première est hors de l'eau, la seconde immergée. Là vit encore le « peje sapo » poisson qui a la faculté de se gonfler d'air. Les grandes tortues de mer y viennent déposer leurs œufs dans le sable. Les deux espèces de caïmans de cette région sont limitées aux fleuves et aux lagunes. Les crustacés y sont aussi abondants que les mollusques sont rares.

Aux lagunes succède vers l'intérieur, une bande de terres basses boisées, la « tierra caliente », où prospèrent le cocotier, l'arbre à cacao, la vanille, l'ananas, etc. La faune est d'une richesse étonnante.

La plupart des 90 espèces de mammifères du Guatemala y vivent, entre autres le Jaguar et le Puma. Parmi les oiseaux on remarque les Toucans, les Momots, les Aras, les Hokko (Crax alector), la Harpie et le Sarcorhamphe; le plus grand nombre sont des échassiers et des oiseaux migrateurs tels que les *Tiranga æstiva*, *Icterus baltimorensis* et *spurius*, *Tintinnunculus sparverius*. En fait de Reptiles il y a à signaler les Iguanes et les Agames terricoles, peu de tortues, mais un bon nombre de serpents, serpent corail, serpent à sonnettes, Trigonocéphales et serpents

arboricoles. Les eaux douces abondent en poissons parmi lesquels les Chromides frappent par la richesse de leurs couleurs. Les insectes développent une grande variété et magnificence de formes (*Morpho, Heliconius, Megalura,* etc.) En fait d'araignées l'on y trouve la grande Mygale aux habitudes nocturnes, des phrynides, des scorpions, etc. Les Mollusques terrestres sont en bien petit nombre et sont remarquables par le faible développement de leurs coquilles.

La région suivante comprend le versant occidental de la Cordillère jusqu'à la hauteur de 4000 pieds. C'est la zone la plus riche en produits végétaux et animaux, celle qui reçoit les pluies les plus abondantes. On y trouve l'*Helix trigonostoma,* type qui appartient du reste aux îles australes et une petite colonie de l'*Helix Ghiesbreghti* qui appartient au versant atlantique. Puis viennent les forêts des grands volcans jusqu'à une hauteur de 10 et 11000 pieds renfermant de grands oiseaux tels que l'*Oreophasis Derbyanus.* Au delà de cette chaîne, le pays s'étend sous forme de larges vallées et des hauts plateaux à végétation moins riche mais où les principales villes du pays sont situées. La faune ressemble à celle de l'Amérique du Nord. Plus loin la contrée s'abaisse en gradins jusqu'à une plaine étendue, aride et brûlée du soleil. Les cactus en forme de colonnes qui y croissent nourrissent plusieurs mollusques entre autres *Orthalicus princeps.*

Une coupe parallèle à celle que nous suivons, mais passant plus au Nord aurait rencontré, au lieu de ce désert, une des provinces les plus riches du pays en végétaux et animaux, celle de Vera Paz où se rencontre un superbe oiseau, le *Trogon resplendens.*

Après avoir traversé la plaine aride, on arrive, dans

le voisinage de l'Océan atlantique, dans une région bien arrosée, couverte de forêts tropicales. Elle est habitée par une quantité d'espèces, identiques à celles du versant pacifique, auxquelles s'en mêlent d'autres qui se relient à la faune des grandes Antilles; tellcs sont les Cylindrelles et les Macrocérames parmi les Mollusques. Enfin nous retrouvons sur ce littoral une lacune, celle de Izabal dans laquelle vit un Sirénien, le *Manatus australis*.

D'une manière générale cette faune peut, quant à sa composition, être ramenée à trois origines distinctes: 1° Les formes de l'Amérique du Sud qui se sont répandues surtout par les forêts basses. 2° Les formes de l'Amérique du Nord qui auraient suivi dans leur invasion les hauts plateaux de la Cordillère. 3° Les formes des grandes Antilles introduites soit par dispersion soit par un isthme qui aurait ensuite disparu dans la mer.

M. le prof. Vogt, de Genève, dit quelques mots de la collection de mammifères fossiles de Roth, qui se trouve actuellement à Gênes; il la recommande à l'attention des naturalistes qui pourraient l'aller visiter, et qui auraient l'occasion d'y faire des achats utiles pour les collections suisses.

M. le Dr Keller, de Zurich, parle des nouvelles *Méduses* qu'il a découvertes dans la mer Rouge. L'espèce des *Gastroblasta* qu'il a établie, représente une famille particulière des *Craspedota*, remarquable par sa polystomie et polygastrie. Une seconde espèce nouvelle *Cassiopea polypoides*, Keller, est une des Rhizostomes les plus remarquables, à cause de son genre de vie sédentaire; des détails sur sa structure histologique seront publiés plus tard. M. Keller

signale à propos de cette espèce, des raisons et des analogies qui établissent une étroite parenté entre les méduses et les coraux.

M. le prof. C. Vogt présente au nom de M. Émile YUNG, de Genève, le résumé suivant de ses expériences sur l'*Influence des milieux physico-chimiques sur le développement des têtards de grenouilles* (*Rana esculenta*). M. Yung a soumis au sortir de l'œuf ces animaux, dont la nature ne nous offre des représentants que dans les eaux douces, à l'action de solutions salines à différents degrés de densité. Les sels employés sont ceux-mêmes de l'eau de mer, ils ont été obtenus par évaporation de l'eau de la Méditerranée. Les larves furent maintenues dans des solutions de ces sels à 1,3,5,7 et 9 pour 1000, renouvelées en même temps dans chaque vase. — Les conditions d'existence se trouvaient identiques dans tous les vases, en sorte que les différences observées ne peuvent être attribuées qu'au degré de salure de l'eau. Sans apporter ici les chiffres qui seront publiés plus tard, M. Yung tient à noter dès maintenant ce résultat général *que les têtards se développent d'autant plus lentement que le degré de salure de l'eau est plus considérable.* Dans la solution à $^{9}/_{1000}$, M. Yung n'a pas obtenu de transformations, cependant quelques têtards ont vécu assez pour prendre les membres postérieurs. Dans une solution à $^{10}/_{1000}$, les têtards meurent au bout de quelques heures, s'ils sont très jeunes, après quelques jours seulement s'ils ont déjà atteint un certain degré de développement et offrent plus de résistance.

Dans toutes les expériences de cette nature, il est essentiel de maintenir l'égalité du *nombre* des individus en développement dans chaque local. Si, en effet, on dispose

dans une série de bocaux 4,8,12,16..., etc.; têtards du même âge et provenant de la même ponte, avec la même qualité de nourriture en surabondance dans chaque bocal, la même quantité d'eau, la même surface d'aération, la même température, la même lumière, etc., on observe des différences considérables dans la rapidité du développement; celui-ci est *d'autant plus lent que le nombre des convives est plus considérable,* ce qui confirme les résultats obtenus par Semper en opérant sur des Lymnées.

Enfin M. Yung a soumis de jeunes larves de grenouilles, qui normalement se développent dans des eaux tranquilles, à l'agitation continue d'un vase renfermant deux litres d'eau régulièrement renouvelée et la nourriture convenable. Le bocal était placé sur un plateau suspendu, agité jour et nuit par une bielle actionnée au moyen d'un petit moteur système Édison, construit à Genève. L'électricité était fournie au moteur par une double pile de Bunsen renfermant plus de 20 litres de liquide extérieur, ce qui lui permettait de marcher 36 à 48 heures sans être renouvelée. Cette disposition extrêmement commode peut être recommandée pour toute expérience analogue où l'on désire un mouvement continu pendant des mois; dans les expériences dont il s'agit, la consommation de force n'a pas excédé un kilogrammètre.

L'agitation du liquide se faisait sentir jusqu'au fond du bocal, mais elle atteignait son maximum à la surface où les têtards, venant prendre de l'air, avaient à lutter contre une vague violente. Dans ces conditions les œufs se développent bien; seulement les têtards, récemment éclos, et encore trop faibles pour saisir leur proie dans un milieu aussi mouvementé, meurent de faim si on n'a pas soin de leur accorder chaque jour quelques instants de

repos pour prendre leur nourriture. C'est toujours dans les premiers jours que la mortalité est la plus grande, elle diminue aussitôt les premières transformations effectuées. Sur 20 individus placés dans le vase au mois d'avril de cette année, 8 d'entre eux ont donné des petites grenouilles et, à la date du 1er août, un seul n'avait pas achevé ses métamorphoses.

Si maintenant on compare à différentes époques ces têtards agités avec des témoins provenant de la même ponte et se développant dans une eau calme, *on constate que le développement des premiers est plus lent* (les témoins étaient tous transformés le 15 juillet), *qu'ils sont moins pigmentés,* ce qui indique une mauvaise nutrition, (les têtards qui mangent peu sont toujours pâles) et *qu'enfin leur queue se trouve relativement plus développée, surtout en largeur,* ce qui s'explique par le plus grand usage qu'ils sont obligés d'en faire pour lutter contre la vague.

M. le Dr Asper, de Zurich, fait une communication sur le *Tœnia de la marmotte,* et présente quelques suppositions sur le développement de ce parasite.

M. le Dr Haller, de Zurich, signale quelques particularités de structure qu'il a observées dans les *Acariens.*

M. le Dr Othmar-Émile Imhof, de Zurich, *Sur la faune pélagique des lacs suisses.*

M. le Dr Imhof donne un bref résumé des études faites jusqu'ici dans nos lacs suisses. Il ressort de la compilation de ces divers travaux, que l'on a trouvé jusqu'à aujourd'hui plus d'Entomostracés que de véritables animaux

pélagiques. L'auteur expose ensuite les résultats de ses propres recherches dans plusieurs de nos lacs. Il a trouvé, en particulier, neuf représentants nouveaux de la faune pélagique, de dimensions microscopiques il est vrai, mais, comme les crustacés, représentés par un très grand nombre d'individus. Parmi les protozoaires, il cite les quatre espèces suivantes, dont deux appartiennent à des formes nouvelles :

Mastigophora : Flagellata : Dinobryon sertularia, Ehrbg.
» divergens, Imhof.
Ciliflagellata : Peridinium tubulatum, Ehrb.
Ceratium reticulatum, Imhof.

Puis deux nouvelles espèces d'infusoires, qui vivent fixés sur des crustacés :

Epistylis lacustris, Imh.
Acineta elegans, Imh.

Parmi les vers, et plus spécialement dans la classe des Rotateurs, six formes différentes ont été également observées :

Conochilus volvox, Ehrbg. Triarthra spec.
Asphanema helvetica, Imh. Polyarthra spec.
Anuræa longispina, Imh. Anuræa spinosa, Imh.

En tout, par conséquent, 12 espèces, dont 7 sont entièrement nouvelles.

Le Dr Imhof caractérise les véritables formes pélagiques au moyen des deux principales remarques suivantes :

1° Les véritables animaux pélagiques, de leur naissance à leur mort, nagent toujours librement dans l'eau, de manière à n'aller jamais ni au bord, ni au fond des

lacs, et ne jamais toucher à la surface des eaux, pour éviter de se trouver directement en contact avec l'air atmosphérique.

2° Les véritables animaux pélagiques portent leurs œufs fixés extérieurement à leur corps, ou dans une sorte de cavité incubatrice (à l'exception de l'œuf d'hiver) jusqu'à ce que le jeune individu, immédiatement semblable à sa mère ou soumis à une transformation, puisse abandonner l'enveloppe de l'œuf ou la cavité incubatrice, et mener de suite le genre de vie d'un nageur accompli.

Le Dr Imhof a jusqu'ici étudié la faune pélagique des lacs suivants : Zurich, Zug, des Quatre-Cantons, Egeri, Katzen, Greifen, Majeur, Lugano, Como et Garda.

Enfin l'auteur présente aussi à la section d'intéressantes préparations microscopiques des animaux pélagiques en question.

Botanique.

Président d'honneur : M. le prof. O. HEER.

Président : M. le prof. CRAMER.

Dans la seconde assemblée générale, M. le prof. HEER[1] présente, par l'intermédiaire de M. le Dr Schrœter, un

[1] Il est triste de penser que les deux mémoires d'Oswald Heer, dont nous donnons ici l'analyse, ont été les dernières pages écrites par ce savant si distingué. A peine venait-il de corriger l'épreuve du présent article que la nouvelle de sa mort, survenue à Lausanne le 27 septembre, nous a tous consternés. Heer était encore si actif, malgré sa santé souvent mauvaise, qu'on ne prévoyait nullement sa fin. Il serait impossible, dans une note, de rappeler ses nombreuses publications de zoologie, botanique, archéologie des lacus-

travail *Sur la flore nivale de la Suisse.* Les résultats principaux de ces recherches peuvent se résumer ainsi :

1. Nous connaissons actuellement en Suisse 337 espèces de plantes phanérogames qui ont été observées entre 8000 et 13000 pieds (de Paris) au-dessus de la mer. Dix de ces espèces ont été récoltées à une altitude dépassant 12000 pieds.

2. Toutes ces espèces, sans exception, se rencontrent à l'étage inférieur de la région nivale, entre 8000 et 8500 pieds ; aucune d'entre elles n'est spéciale aux montagnes qui dépassent 8500 pieds.

3. La flore de la région nivale est constituée pour $^{1}/_{10}$ environ de plantes de la plaine, et pour $^{9}/_{10}$ de plantes de montagnes; le plus grand nombre de ces dernières appartient à la région alpine ; un quart des espèces atteint seulement au-dessus de 8000 pieds son maximum de dispersion, et constitue la *flore des neiges* dans son sens le plus étroit. Les plantes des plaines, de même que celles des régions montagneuses et subalpines, disparaissent à une hauteur de 9500 pieds; tandis que les espèces nivales, accompagnées de quelques espèces alpines, sont les derniers rejetons de la flore des hautes Alpes.

4. C'est le massif du Mont Rose qui possède la flore nivale la plus riche ; elle s'y élève à un niveau plus élevé que dans les Alpes rhétiques et celles-ci à leur

tres et paléontologie. Elles ont marqué dans toutes ces branches des connaissances. C'est surtout dans l'histoire des fossiles des époques tertiaire et quaternaire que Heer a été le maître de tous ceux qui s'occupent du sujet. On lui doit d'avoir fait connaître les flores et faunes de nature méridionale qui ont existé jadis dans les régions polaires. Espérons que des notices biographiques raconteront d'une manière détaillée la carrière de notre illustre compatrtote, une des gloires de l'Université de Zurich.

tour sont à cet égard plus favorisées que les Alpes glaronnaises.

5. Presque toutes ces espèces sont répandues dans la chaîne des Alpes entière; quelques-unes seulement sont confinées dans la région orientale de l'Ortler au Gothard, ou dans la région occidentale du Gothard à la Savoie.

6. La moitié environ des plantes de la région nivale (155 espèces) provient de la zone arctique; ces espèces sont probablement arrivées dans notre pays pendant la période glaciaire par la Scandinavie; cette opinion est d'autant plus vraisemblable que 140 espèces, communes à notre région nivale et à la zone arctique, se rencontrent également dans l'Europe septentrionale.

7. Cette flore des hautes latitudes s'est probablement développée sur les montagnes de la zone arctique, et à l'époque miocène elle était placée par rapport à la flore de la plaine arctique, comme le sont aujourd'hui les plantes des hautes Alpes à l'égard de celles de la plaine suisse.

8. La riche flore arctique miocène a commencé à envahir l'Europe dès l'époque tertiaire, et c'est de là que proviennent les types qui caractérisent la zone tempérée, tels que les conifères et les arbres à feuilles caduques. Ces espèces ont peu à peu pris le pas sur les formes tropicales et subtropicales, et sont l'origine d'une partie des plantes des plaines de l'Europe actuelle.

9. A l'époque glaciaire, les plantes des montagnes de la zone arctique sont descendues dans les plaines et se sont répandues vers le sud avec les glaciers. Les plantes de montagnes ont émigré vers le sud à l'époque glaciaire, comme l'avaient fait les arbres et arbrisseaux à feuilles caduques à l'époque tertiaire. Ces migrations

rayonnantes autour du pôle nord sont prouvées par le fait que ce ne sont pas seulement nos Alpes, mais aussi les montagnes américaines, l'Altaï et même l'Himalaya qui possèdent un grand nombre de ces espèces arctiques. Déjà à l'époque tertiaire et même pendant la craie supérieure, nous pouvons poursuivre un certain nombre d'espèces, depuis le Grœnland jusqu'au Nébraska dans l'Amérique du Nord d'un côté, jusqu'à la Bohême et à l'Europe méridionale de l'autre côté. Ainsi, à trois reprises dans l'histoire du monde, pendant la période tertiaire et crétacée, et à l'époque actuelle, le même phénomène s'est reproduit; l'Europe et l'Amérique ont possédé en commun un certain nombre d'espèces végétales originaires de la zone arctique, d'où elles ont très probablement commencé leurs migrations, et la flore des hautes latitudes septentrionales a exercé une grande influence sur la végétation de l'Europe.

10. Les plantes de la région nivale qui manquent à la zone arctique (environ la moitié des espèces) constituent la *flore endémique* de nos Alpes, qui s'est probablement développée sur place. La chaîne du Mont Rose semble avoir été un des principaux centres d'apparition de ces espèces; il est probable qu'à l'époque glaciaire il y avait là de grandes étendues de montagnes dégagées de neige et de glace.

11. Au commencement de la période quaternaire, cette flore a revêtu sa forme actuelle, elle s'est peu à peu répandue avec les morraines des glaciers sur les pays voisins.

12. Ces plantes sont probablement dérivées de celles qui, à l'époque tertiaire, habitaient les montagnes de la Suisse.

Dans la séance de section, M. le Prof. O. Heer parle de la *Flore fossile du Groenland.* Grâce aux recherches de l'orateur, il y a maintenant dans ce pays 617 espèces de plantes fossiles connues, dont 335 appartiennent à l'époque crétacée et 282 à l'époque tertiaire. Les plantes crétacées se trouvent dans trois étages distincts désignés sous les noms de *couches de Kome, d'Atane et de Patoot.*

Dans les couches de *Kome,* on trouve presque uniquement des Cryptogames vasculaires (en particulier des *Gleichenia*) et des Gymnospermes, soit 10 Cycadées (des formes analogues aux *Zamias*), 21 Conifères (parmi lesquels 5 *Sequoias*). Les Dicotylédonées ne sont représentées que par une seule espèce : *Populus primaeva.* Le caractère général de la flore de ces couches, qu'on peut rapprocher des couches urgoniennes, dénote un climat subtropical.

Dans les couches d'*Atane* se trouvent aussi, à côté des Cryptogames vasculaires (dont quelques-uns arborescents) et des Gymnospermes (8 cycadées, 27 conifères, entre autres le *Cycas steenstrupi* avec des carpelles bien développées), 90 espèces de Dicotylédonées dont l'apparition a été étonnamment subite. Là aussi la flore indique un climat subtropical. On peut comparer les couches d'*Atane* aux couches cénomaniennes.

Dans les couches de *Patoot,* on a trouvé 20 Cryptogames vasculaires, 18 Gymnospermes, 5 Monocotylédonées et 66 Dicotylédonées. Parmi les Conifères l'espèce la plus abondante est le *Sequoia concinna Heer* (rameaux et fruits), voisin du *Sequoia Coltsiæ* de l'époque tertiaire; on rencontre aussi fréquemment le *Sequoia Langsdorffii* Brgr, espèce tertiaire. Les Dicotylédonées consistent en bouleaux, aulnes, ormes, figuiers, noyers, chênes et platanes (ces deux derniers genres en grand nombre); puis en lauriers, can-

nelliers, aralia, magnolia, etc., etc. Les couches de *Patoot* renferment aussi des animaux marins qui permettent la comparaison exacte avec des couches d'autres pays, et les rapprochent du *sénonien supérieur* d'Europe. par conséquent de la craie supérieure. L'absence totale des Cycadées prouve qu'un changement a eu lieu dans le climat.

La flore tertiaire du Groenland provient soit d'une couche éocène, soit de couches miocènes inférieures. Elle renferme en tout 282 espèces, dont 2 apparaissent aussi dans la craie, 20 autres dérivent des plantes crétacées, le reste n'offre aucune parenté avec la flore crétacée. En outre, les formes tropicales manquent complètement, de sorte que le climat a été profondément modifié; la température moyenne de l'année du Groenland à l'époque miocène inférieure devait être à peu près 12° (c'est ce que requièrent les deux palmiers éventails, Magnolia, Sapindus, Dalbergia, etc., etc.).

La flore tertiaire du Groenland a 114 espèces pareilles à celles de l'Europe.

M. C. DE CANDOLLE appelle l'attention des botanistes qui s'occupent de physiologie sur l'analogie qui existe, selon lui, entre les lignes d'épaississement ou autres aspérités dont sont revêtues les parois de certaines cellules végétales, telles que les trachées, les vaisseaux, etc., et les rides que le frottement des liquides produit à la surface des corps visqueux. Il a fait récemment une étude approfondie de ce phénomène [1] qu'il est parvenu à reproduire dans des circonstances très variées, en particulier dans

[1] *Archives*, t. IX, mars 1883. Voir également ci-dessus, section de Physique, p. 306.

des flacons entièrement remplis de liquide et hermétiquement bouchés. Le frottement du liquide sur la matière visqueuse adhérente aux parois du flacon s'obtient aisément en imprimant à celui-ci un mouvement de rotation oscillatoire autour d'un axe vertical, ou de balancement autour d'un axe horizontal. Maintenant les cellules vivantes renferment, comme on sait, un protoplasme animé lui-même de mouvements spontanés. Or, ces mouvements doivent nécessairement être une cause de frottement entre les divers liquides ou autres matières renfermées dans ces utricules que l'on peut comparer à des flacons microscopiques.

Si l'on admet, avec les auteurs les plus modernes, que l'accroissement des membranes résulte de dépôts successivement issus du protoplasme qui les baigne, il est impossible de ne pas reconnaître en même temps que ces dépôts se forment précisément sous l'influence des mêmes causes mécaniques qui donnent naissance au phénomène des rides dans les flacons d'expérience. Cela étant, M. de Candolle émet, à titre d'hypothèse, l'idée que les rides semblables qui se forment à la surface interne des parois dans les cellules vivantes ont pour cause immédiate le frottement exercé par les couches les plus fluides du protoplasme sur celles qui tapissent ces parois, et auxquelles une surabondance de granulations (*microsomes*) communique une plus grande viscosité relative.

Il effectue devant la section une expérience dans laquelle le phénomène des rides est produit avec du carbonate de baryte en suspension dans l'eau remplissant un espace de très petit calibre, consistant en une cellule de verre de forme circulaire dont deux faces planes et parallèles, d'un diamètre de 5 centimètres, sont séparées l'une

de l'autre par un intervalle de 1 millimètre. Il y a sans doute bien loin de là au calibre des cellules végétales qui se mesure en centièmes de millimètres, mais il faut tenir compte de la finesse extrême des microsomes qui dépasse de beaucoup celle des plus petites particules de carbonate de baryte ou des autres poussières employées dans les expériences sur les rides. M. de Candolle rappelle, en outre, que l'on obtient les mêmes résultats en substituant au mélange d'eau et de matière pulvérulente des corps visqueux par eux-mêmes, tels que le sirop, le goudron, la glycérine. Il se produit alors des rides liquides qui ne sont pas sans analogie avec les filaments protoplasmatiques.

M. le prof. SCHNETZLER, de Lausanne, traite :

1° D'une *Monstruosité de la Primula chinensis*, dans laquelle le calice, la corolle et l'androcée sont à 6 feuilles; de l'ovaire ouvert, au lieu du placenta, sortent un petit faisceau de folioles portant des ovules et un axe ramifié avec des ovules plus ou moins transformés en feuilles.

2° D'une singulière *Relation entre une algue aérienne (Chroolepus umbrinus) et un lichen (Pyrenula spec.)*. Les gonidies de ce dernier correspondent parfaitement aux filaments du Chroolepus; elles sont seulement un peu plus petites; si le thallus du lichen est déchiré, les gonidies se détachent et acquièrent une vie propre comme algues en prenant les dimensions des formes aériennes.

M. le prof. FAVRAT, de Lausanne, présente une *Série d'Hybrides entre la Primula auricula et la Primula viscosa*, constituant une suite ininterrompue de formes intermédiaires entre les deux espèces originelles.

Il prouve de plus que le *Cardamine fossicola* Godet, classé

jusqu'à présent dans les *Cardamine pratensis* L. doit être rangée dans les *Cardamine Matthioli* Moretti. Enfin il exhibe une *Festuca amethystina* L. trouvée près de Bex.

M. Andreæ, pharmacien à Fleurier, parle de l'état des saules du Jura et des moyens de les améliorer.

M. le prof. Wolf, de Sion, rend compte de la découverte faite par lui, d'un grand nombre de localités où se trouvent des plantes rares du Valais.

Dans une seconde communication, M. C. de Candolle expose les résultats de recherches faites en vue de détermines jusqu'à quel point la structure anatomique des feuilles pourrait fournir des éclaircissements au sujet de l'origine controversée du *Cytisus Adami*. Cet arbre est remarquable en ce qu'il produit à la fois des fleurs rouges et des fleurs jaunes, ordinairement réparties sur des rameaux distincts, mais souvent aussi mélangées dans la même inflorescence. On sait qu'il a fait subitement son apparition au commencement du siècle, à Vitry, près de Paris, dans la pépinière d'Adam, qui passe pour l'avoir obtenu par la greffe du *Cytisus purpureus* sur le *C. Laburnum*. La première de ces espèces est un petit arbuste du midi de la France, dont les fleurs rouges sont solitaires à l'aisselle de feuilles glabres, tandis que la seconde est un arbre à feuilles pubescentes et à fleurs jaunes groupées en longues grappes multiflores. Elles diffèrent, en outre, l'une de l'autre, par des caractères floraux qui les ont fait ranger dans des sections différentes du genre *Cytisus*. Aussi n'est-il pas surprenant que soit Gärtner, soit plus récem-

ment encore Darwin, aient vainement essayé de répéter l'expérience d'Adam et de reproduire le *Cytisus Adami* par la greffe mutuelle des deux espèces en question. Toutes leurs tentatives ont échoué et il en a été aussi de même des essais d'hybridisation tentés par Reissek, Caspary et Darwin. Il est donc clair que le *C. purpureus* et le *C. Laburnum* sont deux espèces physiologiquement et morphologiquement très distinctes. Or, il se trouve que la structure anatomique de leurs feuilles présente aussi une différence capitale qui n'avait pas encore été signalée.

En effet, chez le *C. purpureus* les pétioles des feuilles les plus développées ne renferment qu'un système ligneux incomplet, composé de trois faisceaux disposés en arc largement ouvert du côté supérieur, tandis que les pétioles du *C. Laburnum* présentent toujours un système ligneux complet, formé d'un anneau fermé, auquel s'ajoutent même quelques faisceaux intra-corticaux. Maintenant, chez le *C. Adami* les feuilles des rameaux à fleurs rouges diffèrent de celles des rameaux à fleurs jaunes en ce qu'elles sont plus petites et glabres comme celles du *C. purpureus*. D'après l'origine attribuée au *C. Adami*, on aurait donc dû s'attendre à ce qu'il y eût entre les feuilles de ces deux sortes de rameaux une différence anatomique semblable à celle qui existe entre les feuilles des deux espèces qui sont censées lui avoir donné naissance. Or, M. de Candolle a constaté qu'il n'en est rien et que toutes les feuilles du *C. Adami*, aussi bien celles des rameaux à fleurs rouges que celles, plus grandes et pubescentes, des rameaux à fleurs jaunes, renferment dans leur pétiole un système ligneux fermé avec faisceaux intracorticaux comme celles du *C. Laburnum*. Rapprochant ce fait de la circonstance que les fleurs rouges du *C. Adami* sont générale-

ment stériles et ordinairement groupées en grappes, plus petites, il est vrai, que celles qui portent les fleurs jaunes, mais constituant, à coup sûr, une inflorescence bien différente du *C. purpureus*, il est disposé à voir dans le *C. Adami* une variété résultant d'une sorte de dégénérescence du *C. Laburnum* plutôt qu'un cas rentrant dans la catégorie encore si douteuse des hybrides de greffe. Il y aurait donc simplement, selon lui, entre le *C. Adami* et le *C. Laburnum* une différence de même ordre que celle qui distingue le pêcher ordinaire et sa variété à pêches lisses.

Après la clôture de la séance (2 heures), la section se rend à l'Institut botanique, où MM. le prof. Cramer et et le Dr Schrœter font les honneurs des collections qui s'y trouvent (tableaux de démonstrations, microscopes, préparations, herbiers, collections de botanique technique et carpologique), et montrent quelques expériences physiologiques qu'ils ont préparées en vue de cette visite.

Médecine.

Président: M. le prof. von Kölliker.

M. le prof. Klebs, de Zurich, dans la deuxième assemblée générale, parle *Des transformations de la race humaine, comme résultant surtout d'actions pathologiques.*

Il montre d'abord que la forme du corps humain ne peut pas présenter plus de constance que les diverses races d'une même espèce animale, qui se forment soit naturellement, soit artificiellement, par une sélection faite en vue

de l'élevage. Ainsi par le fait de l'hérédité, des traits absolument individuels peuvent se mêler et se combiner dans les formes et la disposition des diverses parties, et donner lieu à un facies tout nouveau du corps pris dans son ensemble. Le mélange des races dans les peuples civilisés ne produit pas l'identification, mais bien la multiplication des formes.

Mais ce n'est pas seulement l'hérédité qui agit pour produire les formes définitives des individus, ce sont aussi d'autres influences variées, qui s'exercent surtout pendant la période de croissance, et aussi, quoique à un moindre degré, dans les années suivantes. Telles sont les déformations liées aux divers métiers, les ressemblances qui tendent à s'établir entre les époux, les caractères typiques et spéciaux de certains cercles sociaux, les types aristocratiques, campagnards, et tant d'autres, dont les savants, les ouvriers, les criminels, offrent des exemples bien connus. Les reproductions artistiques cependant permettent de reconnaître ces différences, d'une manière plus exacte et plus délicate, et de les fixer d'une manière plus certaine que les mensurations des anthropologistes.

On peut conclure de cette grande variabilité, que les formes du corps, comme toute autre manifestation du monde organisé, sont soumises à des transformations continuelles, et là, comme dans tous les autres phénomènes de développement, il ne passe sur l'organisme aucune action extérieure qui ne laisse quelques traces après elle. Ainsi l'anatomiste Schmidt de Copenhague, en étudiant un grand nombre de crânes provenant des tombeaux du Jutland et du Danemark, a pu reconnaître qu'ils présentent les types anthropologiques les plus divers, depuis les formes voisines du crâne de Néanderthal, représentées en

particulier par un personnage historique connu, jusqu'à celles qui se rapprochent de races étrangères, qui ne pouvaient que bien difficilement entrer en relations directes avec les habitants de ces contrées.

Il n'en résulte naturellement pas qu'il ne puisse se former de véritables races, mais on doit admettre qu'un type de race, si pur qu'il soit, ne possède jamais qu'une constance limitée dans le temps.

Parmi toutes les influences qui peuvent amener des modifications dans la structure du corps, il n'en est pas de plus importante que les actions pathologiques, l'observation de tous les jours nous fait connaître les types de la phtisie, des maladies du cœur, etc. Il est curieux qu'un maître tel que Darwin n'ait jamais dit un mot de ces influences. Cette lacune frappante s'explique en partie par le fait que Darwin était peu familier avec les actions pathologiques, et aussi par la connaissance imparfaite que l'on possédait jusqu'il y a bien peu d'années sur la nature réelle des causes des maladies ; mais depuis, il a été établi d'une façon parfaitement certaine que les maladies les plus importantes, celles qui peuvent se répandre sur des contrées étendues, et atteindre un grand nombre d'individus, sont de nature organisée, de telle sorte que leur marche (au moins dans le cas des maladies dites infectieuses) se présente comme la lutte pour l'existence de deux organismes; dès lors il devient possible d'examiner aussi l'influence de ces phénomènes sur la transformation des races et des espèces.

L'anthropologie moderne n'a abordé cette tâche que sur un seul point; elle a reconnu que dans une seule et même population vivant sur un territoire restreint, il peut se produire des caractères typiques, comme ceux que

Virchow a reconnus chez les Frisons, Ranke chez les Bavarois. Toutefois le premier ne veut pas attribuer au rachitisme la forme aplatie du crâne des habitants de la Frise orientale (ce qu'il appelle le type chamäcéphale, non plus que la scoliose de la base du crâne qui s'en rapproche, et cela bien que le rachitisme produise dans d'autres endroits des déviations analogues du type germanique normal. Il existe cependant une série de phénomènes pathologiques qui montrent l'influence dont nous nous occupons d'une manière bien plus claire et plus indiscutable.

Nous trouvons d'abord le crétinisme, dont le domaine et la nature sont définis plus profondément, en disant que c'est une maladie répandue dans les régions montagneuses du centre de l'Europe, et qui est probablement en relation avec l'action que certaines eaux des montagnes ont sur la production du goître. M. Klebs rappelle qu'il a démontré dans les régions à goîtreux et à crétins, les plus variées de la Bavière, de la Suisse et de l'Autriche, que ces eaux contiennent certaines très petites formes d'infusoires qui, importés dans les eaux des localités non affectées de goître, leur donnent la faculté de le produire.

La structure du corps des crétins, résultat d'un arrêt prématuré de la croissance des os, ainsi que leurs particularités intellectuelles, rappellent d'une manière frappante les descriptions de nains, qui se sont transmises dans les récits populaires. Il ne semble donc pas improbable que cette dégénérescence a pu une fois aboutir à la formation d'une race déterminée, peu résistante il est vrai. Une influence générale, quoique légère, du crétinisme, peut se reconnaître encore en maint endroit; c'est ainsi que les habitants du Salzbourg, et en particulier du

Pinzgau et du Pongau, qui sont restés dans leurs demeures primitives, présentent un contraste frappant avec ceux de leurs compatriotes qui, chassés par l'intolérance des prêtres, se sont établis dans les plaines basses du nord de l'Allemagne.

La difformité opposée, la croissance exagérée du corps, se rencontre aussi dans les montagnes, et son existence fait penser aux légendes de géants, qui habitaient généralement les mêmes régions que les nains. En fait, on rencontre dans les pays montagneux la plus grande irrégularité dans le développement du corps en longueur. Bien que l'on admette que leurs habitants sont généralement de plus petite taille que ceux des plaines, on rencontre des exceptions frappantes à cette règle ; ces exceptions se produisent le plus souvent dans toute une vallée, d'autrefois seulement dans des localités isolées. Tel est le cas des habitants du Hasli, dans l'Oberland bernois, de ceux d'Elm, dans le canton de Glaris. Dans ces cas on a souvent pensé à des immigrations de races étrangères, sans autres preuves d'ailleurs que quelques noms de localités.

Or cette difformité peut aussi dépendre de causes pathologiques, car à Elm précisément, on a observé un cas excessivement remarquable d'une croissance gigantesque se produisant à l'âge tardif de 36 ans, et durant jusqu'à la mort du sujet qui survint à 42 ans; la mort résulta principalement de la disproportion qui s'était établie entre le cœur et les vaisseaux, dont le volume avait augmenté outre mesure par suite de l'accroissement de tous les organes. On put prouver que la cause immédiate des principaux troubles organiques devait être cherchée dans un développement exagéré des plus petits vaisseaux sanguins;

tandis que chez les crétins, c'est au contraire le développement incomplet de ces vaisseaux qui cause l'arrêt de croissance des mêmes parties du corps, et en particulier du squelette.

Lors même que nous ignorons la cause première et vraie de cette maladie, cependant l'existence de cas analogues dans la même localité, la grandeur peu ordinaire des habitants, et le fait de croissances gigantesques dans les régions montagneuses, semble indiquer une relation entre des faits pathologiques et la nature du sol. Nous aurons à les considérer comme dus à l'action d'êtres organiques qui s'y développent, comme nous devons admettre que c'est le cas pour le crétinisme en raison de sa distribution géographique.

Une autre série d'actions pathologiques se rapporte à la formation des pigments qui ont jusqu'à présent été considérés comme un caractère saillant des races.

Après que l'on eut démontré dans certains états pathologiques, tels que la maladie bronzée (*bronce-skin* des Anglais), une relation entre la pigmentation de la peau et un état maladif des capsules surrénales, l'attention des observateurs devait se porter sur ces organes où la formation du pigment semble avoir son siège. On trouve alors le fait remarquable que dans les races foncées, comme chez les individus bruns des races blanches, la partie médullaire des capsules surrénales est toujours pigmentée. On peut en conclure que c'est à l'accélération ou au relentissement de la fonction de ces glandes vasculaires, que sont dûs les changements si fréquents de la coloration des cheveux et des autres organes cutanés. Ici encore, l'action pathologique passe par degrés, depuis sa forme la plus grave, jusqu'à se réduire, dans ses formes légères, à de sim-

ples actions physiologiques; elle agit alors pour modifier un organisme d'ailleurs bien conformé. Les races foncées, les nègres en particulier, ont pris naissance dans des régions à malaria, dont l'action produit dans les cas graves, un dépôt de pigment ou la mélanose, qui se manifeste parfois sous forme de tumeurs mélaniques.

Les observations que M. Klebs a faites en commun avec M. Tommasi-Crudeli dans les Marais pontins et dans la campagne de Rome, ont montré que la malaria est produite par une certaine espèce de bacille, qui se développe dans le sol de ces contrées; on peut donc admettre dans ce cas que des actions pathologiques sous une forme légère peuvent exercer une influence modificatrice sur le développement corporel de l'homme, qu'elles doivent peut-être même être considérées comme les causes véritables de la formation des types de races.

Quelque incomplets que ces faits soient encore, ils sont destinés à attirer l'attention sur un domaine encore peu étudié; ils sont propres à faire une fois de plus de la question de l'origine des races humaines un sujet de recherches et de discussions scientifiques, qui ne pourront être considérées comme closes tant que la question de l'origine unique de la race humaine restera sans réponse. La fécondité des races métisses semble militer en faveur de cette dernière hypothèse.

M. le prof. Herzen, de Lausanne, présente un jeune homme auquel, à cause d'un rétrécissement de l'œsophage, il a fait avec le Dr Dupont une *fistule stomacale* et il fait part des résultats qu'a donné l'étude des fonctions de l'estomac pendant l'alimentation. Lorsque le malade prenait le soir, pour son dernier repas, des œufs, du

zwieback (biscuit) et du lait, on ne trouvait le lendemain matin aucun reste d'aliments, mais on trouvait par contre 2 à 300 grammes d'un liquide filant, opaque, jaunâtre et renfermant de la substance colorante de la bile. Une demi-heure ou trois quarts d'heure plus tard, on trouvait un liquide épais, incolore, et légèrement acide. Les deux liquides donnent de la fibrine en grande quantité sous l'influence du froid, lorsque dans quelques cas cette réaction ne se produit pas, il suffit d'un peu de repos pour qu'elle se produise. On trouve également de la pepsine ou plutôt de la propepsine.

A la suite de lavements de dextrine, la faculté digestive du suc gastrique augmentait notablement; ce fait démontre que l'introduction de substances nutritives dans la masse sanguine accélère la sécrétion de la propepsine et sa transformation en pepsine. Une seule fois, le premier suc sécrété digéra l'albumine (après neutralisation). Les graisses ne furent pas émulsionnées.

M. le Dr Berdez, assistant de la clinique de chirurgie lit l'histoire du malade, après quoi M. le prof. Kocher fait le sondage du tube digestif par l'estomac, et le malade reçoit son déjeuner à l'aide d'un entonnoir.

M. le prof. von Koelliker, de Würzbourg, parle *Sur la formation des feuillets germinatifs de l'embryon.* Il parle de la formation des tissus, et tout d'abord de la question de savoir s'il n'y aurait pas une couche particulière qui donne naissance au tissu conjonctif, aux vaisseaux et au sang (Parablastème de His, feuillet dermique). Il résume ses idées dans les données suivantes :

1° Chez le poulet, aucune partie du blastoderme ne prend naissance dans le blanc de l'œuf.

2° Chez les oiseaux et les mammifères il n'y a aucun feuillet vasculaire particulier (Parablastème, feuillet dermique, feuillet conjonctif); tout au contraire, tous les tissus de nature conjonctive prennent naissance dans le mésoderme.

3° Le feuillet moyen, le mésoderme, n'est pas un feuillet primitif. Il se produit de trois manières différentes :

a. De l'entoderme (amphioxus).

b. De l'entoderme et de l'ectoderme (poissons, amphibies).

c. De l'ectoderme seul (oiseaux, mammifères).

4° Le mésoderme produit les tissus et les organes suivants :

a. Les *vaisseaux* sous forme de tubes épithéliaux et le *sang*. Les vaisseaux qui d'abord ne consistent qu'en une seule couche de cellules, se répandant dans tout le corps, se forment des cellules qui les avoisinent et reçoivent leurs couches extérieures de tissu conjonctif et de muscles à chaque point différent du mésoderme qui les entoure.

b. La *colonne vertébrale* qui vient des parties les plus profondes de la corde dorsale primitive.

c. Le *squelette* des extrémités qui dérive du mésoderme des lames cutanées.

d. La *corde dorsale* qui appartient au tissu conjonctif et qui chez les poissons devient cartilagineuse et osseuse.

e. Le *tissu conjonctif* lâche et serré ainsi que l'*endothelium* des tuniques séreuses. Le premier ne provient ni des tubes endothéliaux des vaisseaux, ni des corpuscules blancs du sang, mais il se développe dans l'area vasculosa en même temps que les vaisseaux et le sang, entre les vaisseaux et sous forme d'un réseau de cellules étoilées. Il en est de même pour toutes les autres parties

du mésoderme. Plus tard il arrive souvent que des vaisseaux et du tissu conjonctif se développent en même temps, mais indépendamment l'un de l'autre, il en est ainsi lorsqu'ils se développent à l'intérieur et autour des organes.

f. Les *muscles lisses et striés* de la couche cutanée et de l'appareil digestif (muscles lisses de la peau, des yeux et muscles striés du cœur).

g. Les *épithéliums et les glandes* (glandes du système génito-urinaire).

A la suite de la communication précédente, M. le prof. His expose sa manière de voir sur ce sujet. — Une fois qu'il est établi que tous les tissus dérivent de cellules, il se pose nécessairement la question de savoir quelles sont les causes qui font que parmi les cellules les unes donnent naissance à un certain tissu les autres à un autre : pourquoi telle cellule forme-t-elle du tissu musculaire, telle autre du tissu nerveux ou conjonctif. La question doit être résolue en se plaçant sur le terrain de l'histoire du développement ; il faut établir jusqu'à quel point on peut constater d'après les différences de développement, des différences de forme primitive, ou des conditions extérieures du développement. M. His a été conduit par ses observations à reconnaître, pour tous les tissus du groupe des substances conjonctives, l'existence d'un noyau secondaire ou paranucléus bien séparé du noyau principal. Selon lui les feuillets moyens de Remak peuvent être admis comme une conception topographique, mais en aucune façon comme unité embryologique. Son point de vue diffère ainsi diamétralement de celui de M. v. Kölliker, mais la discussion des points de divergence dépasserait le cadre de la séance. Pour citer seulement quelques exemples, M. His nie la

nature conjonctive de la corde dorsale; de plus contrairement à M. v. Kölliker, il considère comme pouvant être constaté d'une manière directe, le fait que là où plus tard se trouvera du tissu conjonctif, il se présente d'abord un espace libre rempli d'un liquide, ou quelquefois d'une masse muqueuse gélatineuse, espace dans lequel les cellules pénètrent de l'extérieur. Par exemple les nageoires des poissons ou des têtards sont disposées à l'origine comme des plis épidermiques dans lesquels les cellules apparaissent seulement plus tard, et se joignent ensuite sous forme de réseau ou de fibres, composant le tissu conjonctif.

M. le prof. Klebs, fait remarquer l'importance de la théorie de M. His pour l'anatomie pathologique.

M. le prof. W. His, de Leipzig. *Du développement du thymus.* On sait que récemment M. le prof. v. Kölliker a prouvé que chez le fœtus de lapin de 14 à 16 jours, la glande thymus est représentée par un tube épithélial, pourvu de prolongements latéraux. Ce fait peut paraître étrange au premier abord, puisque le thymus entièrement développé est formé de tissu adénoïde, c'est-à-dire d'un tissu du groupe connectif, ou d'après la nomenclature de M. Hiss, d'un tissu parablastique. Pour expliquer cette contradiction apparente il faut tenir compte d'un élément du thymus qui depuis longtemps a paru problématique, à savoir : des corps concentriques, qui sont sans aucun doute des formations épithéliales. En effet, les recherches de Ecker et celles de M. Hiss ont montré, il y a bien des années déjà, que ces corps sont composés de petites plaques épithélioïdes. Comme M. Hiss l'a dit dans son Anatomie d'embryons humains, ce sont là les vestiges

de l'origine épithéliale de la glande, tandis que sa masse principale a été fournie par les tissus ambiants. Ce serait comme si, dans les amygdales, les cavités épithéliales se fermaient et que la masse épithéliale fût divisée en foyers isolés au sein de ces organes. Cette hypothèse sur le rapport existant entre les divers éléments du thymus, M. Hiss y avait déjà pensé avant la découverte de M. v. Kölliker, parce qu'elle lui paraissait expliquer non seulement l'existence des corps concentriques, mais aussi la structure générale du thymus, qui ressemble à celle d'une glande acineuse. Des recherches récentes de M. Stieda, d'accord avec les données de M. v. Kölliker et de M. Hiss, ont démontré que le thymus tire son origine de l'épithélium des fentes branchiales inférieures ; M. Stieda croit aussi que l'épithélium ne donne naissance qu'aux corps concentriques. Ce point admis, on doit se demander si cet organe tire son origine de la partie ectodermale ou endodermale des fentes pharyngiennes; car, comme M. Hiss l'a montré récemment, chez l'embryon de l'homme et des mammifères ces fissures ne sont pas complètes, mais toujours pourvues d'une mince membrane occlusive. La structure des corps concentriques, qui rappelle vivement celle des globules concentriques du cancroïde, parle en faveur de l'origine ectodermale. Les observations récentes de M. Hiss sur des embryons humains de 4 à 4 $^1/_2$ millimètres confirment cette opinion. Pendant que les arcs pharyngiens postérieurs se développent, il se forme entre le troisième et le quatrième, ainsi qu'entre le deuxième et le troisième, de profonds enfoncements, revêtus d'ectoderme, qui peu à peu s'écartent de la surface embryonnaire et finalement s'en séparent tout à fait pour former quatre organes distincts, sur les côtés du larynx rudimentaire. Sur des embryons de 4 millimètres leur

orifice est déjà sensiblement rétréci, leur cul-de-sac terminal un peu dilaté. Des coupes dans certaines directions feront donc paraître les culs-de-sac comme des cavités isolées. Mais M. Hiss a encore vu l'orifice externe conservé chez des embryons de 12 millimètres.

M. le Dr C. von MONAKOW, de Saint-Pirminsberg. *Des centres d'origine des nerfs optiques et de leur relation avec l'écorce cérébrale.*

L'auteur a fait, sur des lapins et des chats nouveau-nés, de nombreuses expériences dans lesquelles il enlevait un des globes oculaires, ou bien lésait un des organes regardés comme centre optique, ou une certaine région corticale du lobe occipital du cerveau. En sacrifiant les animaux plus ou moins de temps après l'expérience, et en étudiant comparativement le côté sain et le côté opéré, il a pu suivre le trajet des fibres optiques et connaître les endroits qui paraissent être véritablement leurs centres d'origine. A ces expériences il peut ajouter deux observations recueillies sur l'homme; dans la première il s'agit d'un fœtus de 8 mois présentant une atrophie ou plutôt une absence des lobes occipitaux et dont tout le trajet des fibres optiques était altéré. La seconde observation est celle d'un homme mort de ramollissement après avoir présenté des troubles divers de la vue : à l'autopsie l'on trouva un foyer de ramollissement occupant la zone visuelle sur le lobe occipital ainsi qu'une dégénérescence des fibres et des centres optiques.

De l'étude attentive de ces faits, M. Monakow peut tirer les conclusions suivantes :

A. 1° Chez le lapin et le chat, l'origine des fibres du nerf optique ne se trouve d'une manière certaine que dans

le corps genouillé externe, dans les éminences nates et dans le pulvinar. Dans le corps genouillé externe et dans le pulvinar les fibres optiques viennent de la substance grise fondamentale; pour les tubercules quadrijumeaux antérieurs de cette même substance ainsi que des cellules ganglionnaires de la couche grise superficielle.

2° L'écorce du lobe occipital (chez le lapin la troisième et la cinquième couche) envoie des fibres au corps genouillé externe, au pulvinar et aux éminences nates; ces fibres sont en communication directe avec les cellules ganglionnaires dans les deux premiers organes, mais l'on ne connait pas encore leur union avec la substance grise des éminences.

3° L'intégrité du nerf optique dépend de l'intégrité des cellules du corps genouillé externe, du pulvinar et en outre de l'écorce du lobe occipital (de la troisième ou de la cinquième couche chez le lapin).

B. Ces mêmes conclusions sont en accord parfait avec ce que les deux observations recueillies sur l'homme nous ont appris; on peut même y ajouter que la zone visuelle du lobe occipital est située près du cuneus, et siège probablement sur la première et la deuxième circonvolution médiane du lobe occipital.

M. le prof. Forel montre que la distinction faite par M. le D[r] von Monakow entre les premiers et les seconds centres est toute nouvelle et très importante, puisque la dégénérescence se produit des deux côtés après une section des fibres nerveuses. Comme l'ablation du noyau de Luys amène l'atrophie des tubercules quadrijumeaux antérieurs, et que celle de la région aptique corticale amène l'atrophie du corps genouillé et du pulvinar, il est évident

que ces deux points ne jouent pas tout à fait le même rôle et il faut chercher quelles sont leurs relations.

M. Forel pense comme M. von Monakow, que l'ablation des régions visuelles donne véritablement lieu à une atrophie descendante et que ce fait se produit également chez les chats, lorsqu'il ne survient pas de l'hydrocéphalie comme dans les cas de Gudden.

M. le prof. Luchsinger, de Berne, *Sur les rapports qui existent entre l'excitabilité et la vulnérabilité de certains groupes musculaires.*

Le fait bien connu de l'excitabilité plus grande des muscles fléchisseurs de la grenouille, avait été expliqué par Fick par le fait que les fléchisseurs sont plus tendus que les extenseurs, dans l'expérience en question, et sont à cause de cela plus excitables. M. Luchsinger s'est assuré que le groupe du biceps de la cuisse, se contracte avec des courants plus faibles que le groupe des extenseurs, que l'on prenne des grenouilles vivantes ou mortes et conservées fraîches dans la glace, et quelque soit d'ailleurs la position du membre. En laissant la grenouille morte à la température de la chambre, on observe au bout d'une heure le phénomène inverse, c'est-à-dire que le muscle le plus excitable meurt le premier. Les poisons qui excitent le muscle, comme la caféine, roidissent tout d'abord les biceps, les poisons qui paralysent les muscles, comme les sels de potasse et l'éther, paralysent d'abord le groupe du biceps. Tout ceci concorde avec le fait trouvé par Cash que c'est le muscle biceps dont la contraction est la plus rapide, et avec cet autre fait que le cœur dont la contraction est si lente (de même que l'œsophage des animaux à sang chaud) est atteint le dernier par les poisons musculaires.

M. le prof. Dr EBERTH fait une communication *Sur la pleurésie infectieuse des lapins,* dans laquelle le liquide un peu filant, presque clair, et pauvre en cellules de la cavité pleurale, contient un grand nombre de micrococus elliptiques qui se distinguent par les caractères suivants de ceux qui ont été trouvés dans la pneumonie fibrineuse de l'homme par Klebs, Eberth et Friedländer. 1° Le schizomycète du lapin est passablement plus petit. 2° il se colore plus mal que celui de l'homme par le violet de méthyle, tandis qu'il se colore bien par le brun de Bismarck et l'hématoxyline. 3° on ne le trouve que dans le liquide de la plèvre; jusqu'à présent on ne l'a trouvé ni dans le sang, ni dans la rate, ni dans le tissu du poumon. 4° inoculé sur la cornée, il se propage mal, comme d'ailleurs le cocus de la pneumonie chez l'homme. Il y forme des bourgeons étoilés, séparés par de grands intervalles.

Dans le cours de la discussion, M. le prof. KLEBS déclare que le Cocus de la pneumonie chez l'homme a aussi la tendance de former des colonies (zoogolea) et que pour lui les caractères différentiels, tels que les dimensions moindres invoqués par M. Eberth ne sont pas suffisants pour établir une distinction bien nette entre les deux sortes de micrococus. M. Eberth se range à cet avis.

M. le Dr Otto HAAB, *Sur la névrite et de la péri-névrite du nerf optique.*

L'orateur montre d'abord une série de préparations microscopiques d'yeux pathologiques, faites avec le microtome à glace de Ratsch, qui permet en très peu de temps de décomposer un bulbe oculaire dans une série de coupes. M. Haab passe ensuite à la description de deux cas de

névrite optique. Dans le premier, il s'agissait d'un garçon qui était amaurotique des deux yeux, et présentait tous les caractères de la stase papillaire, qui permit de porter le diagnostic de tumeur cérébrale. En effet à l'autopsie on trouva un vaste sarcome du lobe sphénoïdal droit, et une légère méningite de la base. Le nerf optique était atteint d'une péri-névrite descendante, et les altérations papillaires étaient dues à une véritable infiltration inflammatoire de petites cellules. Dans le second cas il s'agissait d'une malade de 30 ans, soignée pour amaurose et céphalalgie, la papille présentait les caractères de la névrite simple avec tuméfaction modérée, l'amaurose dura jusqu'à la mort qui survint accidentellement, un an après le début de la maladie, par une cholérine. A l'autopsie, on trouva quelques traces d'une méningite de la base, consistant en fausses membranes minces, s'étendant du côté du chiasma et de la scissure de Sylvius; le reste du cerveau était normal, il n'y avait pas d'hydrocéphalie; ce fait rare coïncide d'ailleurs avec la description d'Huguenin de la méningite chronique de la base, avec tissu cicatriciel, sans hydrocéphalie. Il en tire les conclusions suivantes : 1° une névrite optique descendante, dans le cours d'une tumeur cérébrale peut se révéler par l'image ophtalmoscopique de la stase papillaire. 2° dans ce cas, l'inflammation de la gaine du nerf optique et de la papille, peuvent être plus fortes que dans la vraie névrite optique qui s'accompagne de méningite de la base. 3° L'opinion de Huguenin, que les tumeurs cérébrales peuvent agir comme des épines inflammatoires est démontrée par la présente communication.

M. le prof. KLEBS a souvent cherché la cause de ces amauroses et l'a trouvée dans de légères altérations de la

base, il est d'ailleurs curieux que beaucoup de névrites optiques se développent sans donner lieu à de l'amaurose. Ne s'agirait-il pas dans ces cas d'une inflammation syphilitique des vaisseaux de la rétine? Il fait remarquer en outre que d'après Cohnheim il n'y a pas de différence absolue entre la stase et l'inflammation.

M. Haab répond que dans le premier cas, les vaisseaux de la rétine étaient sains, et que dans le second on n'a pas pu l'examiner.

M, le prof. HORNER qui a eu l'occasion d'examiner le second cas pendant la vie, n'a pas trouvé d'altération syphilitique des vaisseaux.

M. le prof. LUCHSINGER, *Sur le mécanisme de la rumination.*

Partant de l'idée que la rumination est un phénomène réflexe déterminé par l'arrivée des aliments dans la panse, et que l'absence de rumination chez des ruminants malades et excités, tient à une action d'arrêt centrale, le prof. Luchsinger, ouvrit l'abdomen de chèvres profondément morphinisées, et comprima la panse modérément avec la main. Il réussit après avoir exclu le cerveau, à produire toute la série des réflexes nécessaires pour la rumination. Le diaphragme se contracta énergiquement par en bas, la glotte se ferma, les muscles abdominaux se contractèrent; une ondulation rapide et énergique des muscles fit remonter une certaine quantité de fourrage dans la cavité buccale ce qui détermina 30 à 40 mouvements de mastication, une abondante secrétion de salive et la déglutition normale du bol ruminé; toute la série des réflexes put être reproduite plusieurs fois de suite. La rumination se

distingue du vomissement surtout par le fait que dès qu'une quantité suffisante du bol alimentaire est remontée dans la bouche, le pharynx se contracte, et empêche la sortie de masses plus considérables. L'occlusion de la gouttière pharyngée a pu être constatée par le toucher. On obtient, en excitant le second estomac, les mêmes résultats que pour le premier, tandis qu'on ne peut obtenir la rumination par l'irritation du troisième et du quatrième estomac [1].

[1] Le compte rendu de la Section de géologie paraîtra dans le numéro de novembre.

LE

MÉRIDIEN INITIAL ET L'HEURE UNIVERSELLE

PAR

M. THURY
Professeur à l'Université de Genève.

Depuis quelques années la question de l'adoption d'un seul premier méridien, et celle de la régularisation des heures de chemins de fer et de télégraphes, ont été fréquemment agitées, soit dans la presse soit dans les réunions scientifiques. Le Congrès de l'Association internationale qui doit se réunir prochainement à Rome discutera ces questions, et s'il est possible, il les résoudra d'une manière définitive, en posant les bases scientifiques d'un commun accord entre les nations.

Dans ces circonstances, nous avons pensé qu'il y aurait quelque intérêt à rappeler aussi simplement que possible, mais sans aucun sous-entendu, les termes généraux dans lesquels la question du premier méridien unique et celle de l'heure se posent aujourd'hui. Notre exposition s'adresse plus spécialement aux personnes qui n'ont pas encore eu l'occasion, jusqu'ici, de s'occuper de ces questions.

Inconvénients de la pluralité des premiers méridiens.

1. Les observations de physique terrestre, faites en différents lieux, et rapportées à des méridiens différents, ne sont pas toujours immédiatement comparables; quelquefois elles ne le deviennent, et ne peuvent être combinées entre elles pour en déduire des résultats généraux qu'après avoir été réduites au même méridien. Des lois, qui eussent été occasionnellement constatées avec le système du méridien unique, demeurent ainsi longtemps inaperçues. — On sait les raisons pour lesquelles beaucoup de phénomènes de physique terrestre dépendent de la latitude. Il est possible cependant que d'autres phénomènes se lient aux longitudes selon des lois inconnues jusqu'à ce jour, et dont l'adoption d'un méridien unique faciliterait certainement la découverte.

2. En pratique, l'esprit ne se fixe pas volontiers sur les longitudes, à cause de la diversité des chiffres qui les expriment. De là résulte une lacune regrettable soit pour l'étude de la géographie, soit pour la lecture utile des récits de voyageurs.

3. Dans les voyages, sur mer ou sur terre ferme, la diversité des premiers méridiens a souvent causé, par suite de l'inattention des voyageurs, ou par le manque des renseignements nécessaires, des erreurs regrettables ou funestes.

Malgré ces raisons, dont aucune n'est de premier ordre, on eût pris patience assez longtemps peut-être pour ne rien changer aux habitudes prises. Mais de nouveaux faits sont intervenus: ce sont les inconvénients presque intolérables qui résultent aujourd'hui des diffé-

rentes manières de compter l'heure, inconvénients auxquels il ne pourra être mis fin que par l'adoption d'un premier méridien unique, les deux questions étant intimement unies, comme on va le dire.

Inconvénients de la discordance des heures.

Les inconvénients *de la discordance des heures* se font sentir soit dans les observations scientifiques d'un certain ordre, soit dans la vie ordinaire à l'occasion des voyages en chemin de fer et des télégrammes.

Lorsque la marche et les périodes d'un même phénomène, un tremblement de terre, par exemple, ou bien les changements physiques d'une comète, sont notés par des observateurs différemment placés sur le globe, les observations ne deviennent comparables, et les résultats obtenus ne peuvent être combinés les uns avec les autres, qu'après avoir été corrigés pour la diversité des heures de telle sorte qu'un même phénomène instantané, supposé visible de tous les observateurs, soit noté par eux tous à la même heure d'horloge.

Il est évident qu'une somme beaucoup plus considérable de temps et de peine sera nécessaire pour les réductions, si chacun prend pour norme le temps de son propre méridien, au lieu de convenir d'un méridien unique au temps duquel tous les observateurs ramèneraient immédiatement leurs observations.

Dans la vie ordinaire, l'établissement des chemins de fer a nécessité impérieusement qu'il n'y eût jamais d'incertitude notable sur l'heure, dans toutes les localités desservies par les trains. Lorsque cette condition n'est pas remplie, il arrive de deux choses l'une : si l'on tient à la

sécurité, le service devient lent, et le principal avantage des chemins de fer se trouve compromis. Mais si l'on veut aller vite, et c'est toujours de ce côté que la balance penche, les accidents se multiplient et deviennent presque inévitables.

Pour éviter de tels inconvénients on a pris le parti de transmettre l'heure à chaque station au moyen du télégraphe. Cela pouvait se faire de deux manières différentes : prendre l'heure de la station centrale, en lui faisant subir une correction pour donner à chaque station son heure locale propre; ou bien donner partout l'heure telle quelle de la station centrale.

Le premier parti offrait l'inconvénient d'exiger un calcul pour chaque localité et pour chaque moment où l'heure est transmise. Or, ce calcul est une source d'erreurs possibles, cause une certaine perte de temps, et peut en outre distraire les employés qui l'exécutent, à tel moment où leur attention serait nécessaire ailleurs.

Mais il y a plus : les employés qui accompagnent les trains ne pourraient comparer utilement l'heure de leur montre avec celle des stations, et cependant il est nécessaire qu'ils mettent leur service en accord avec l'une et l'autre de ces heures différentes, ce qui exige un calcul auquel ils ne peuvent incessamment se livrer.

Ces deux inconvénients sont tellement graves que pour les éviter on a pris le parti de transmettre partout aux stations l'heure centrale non réduite.

Mais alors, les inconvénients que l'on évite aux gares locales se trouvent être seulement reculés jusqu'à la frontière, où ils se produisent avec des différences d'heures ayant la plus grande valeur qu'elles puissent atteindre, et en se compliquant parfois encore du fait de la contiguité de plus de deux pays, dans les zones frontières.

Ces anomalies que présentent les heures de chemin de fer aux soudures d'entreprises différentes, ou aux frontières de pays différents, donnent lieu chaque jour à une somme de désappointements et de pertes de temps qui diminuent, d'une manière bien notable, les avantages que le public attend des chemins de fer.

Il semble que dans les pays très étendus de l'Est à l'Ouest, comme les États-Unis d'Amérique, de tels inconvénients doivent beaucoup moins se présenter ; mais ils sont remplacés par de plus grandes différences entre les heures locales et celle du chemin de fer, sans que rien ait été fait, jusqu'à ce jour, pour faciliter la traduction de ces heures.

On ne voit qu'un seul moyen d'éviter tous les inconvénients qui viennent d'être signalés, c'est d'étendre au monde entier le système actuellement en usage pour chaque pays isolément. Il n'y aurait alors qu'une seule heure, la même au même instant pour tous les peuples de la terre, et cette heure serait naturellement celle d'*un premier méridien sur le choix duquel il serait nécessaire de s'entendre.* D'ailleurs, comme il ne serait guère possible d'abandonner l'heure locale, qui est en rapport constant avec les occupations journalières, il faudrait trouver le moyen de ne jamais confondre l'heure locale avec l'heure cosmopolite, et celui de traduire aisément l'une dans l'autre.

Tels sont les problèmes qui se posent actuellement, et pour la solution desquels nous nous proposons de recueillir ici quelques faits raisonnés.

Nous aurons donc à étudier successivement :

1. La question du choix d'un premier méridien universel.

2. Les conditions relatives à l'heure cosmopolite, et à son rapport avec les heures locales.

La question du grand méridien sera étudiée d'abord d'une manière générale. Nous terminerons cette notice par l'examen de chacun des méridiens dont la candidature a été proposée.

Avantages à rechercher dans le choix d'un premier méridien universel.

Les conditions à remplir dans le choix d'un méridien initial ne sont pas toutes de même importance ni de même ordre. Nous croyons qu'il est nécessaire de distinguer :

1. Les conditions essentielles, intrinsèques, qu'il importe de remplir.

2. Les motifs de convenance.

3. Les circonstances extérieures, propres à faciliter l'adoption d'un méridien proposé.

D'autre part, il ne faut pas oublier que plusieurs catégories de personnes, et non pas une seule, sont intéressées dans la question et qu'il ne serait pas juste de tenir compte seulement des convenances des uns, à l'exclusion de celles des autres. Les parties intéressées sont :

1. Les astronomes et géodésiens.

2. Les navigateurs et les voyageurs en général.

3. Les géographes et les cartographes.

4. Les pédagogues, et en général les personnes qui cherchent à s'instruire.

D'une manière très générale on peut observer ce qui suit.

Les *astronomes et géodésiens* réclament tout ce qui peut

conduire à une plus grande exactitude des mesures, se faisant peu de souci de certaines complications de calcul qui embarrassent le public.

Les *navigateurs et les voyageurs* réclament avant tout ce qui est facile, simple, pratique, et permet d'éviter aisément les confusions et les erreurs.

Les *géographes et cartographes* recherchent la simplicité, l'unification des méthodes, et tout ce qui dérange le moins possible les travaux faits et les habitudes prises.

Les *pédagogues* demandent ce qui paraît simple, naturel, méthodique, sans s'inquiéter beaucoup de ce qui serait nécessaire pour donner la plus grande exactitude possible aux observations.

Conditions essentielles que doit remplir le méridien initial.

a. Le point de départ doit être marqué par un bon observatoire déjà construit, ou à construire, et s'il est possible, accessoirement, sur le même méridien, par des stations astronomiques appropriées au but spécial qu'il s'agit d'atteindre.

b. A partir de la station initiale ou du méridien initial, les raccordements avec les stations de tous les pays doivent être faciles.

Il ne serait pas possible de désigner simplement comme point de départ un méridien, puisque les méridiens ne sont pas marqués sur le globe. Plusieurs observatoires situés sur un même méridien ne sauraient davantage atteindre le but, parce que dans le cas inévitable où de petites différences de longitude entre ces établissements viendraient à être constatées, on ne saurait lequel prendre comme normal.

Le méridien initial ne saurait donc être fixé que par un point matériel bien défini, invariablement fixé sur le

globe, par un *point normal*, à l'abri des causes de destruction amenées par l'homme ou le temps. Un observatoire ordinaire serait insuffisant; nos édifices passent trop vite.

On pourrait peut-être tailler en cône ou en pyramide le sommet d'une montagne de roc dur, sur laquelle l'observatoire normal serait établi : et si on reculait devant la dépense causée par de tels travaux, un monument de la haute antiquité, qui résiste depuis plus de quatre mille ans à toutes les causes de destruction, la grande pyramide de Giseh, pourrait être avantageusement adaptée au but précité, en aplanissant le sommet pour y installer l'observatoire normal, et en réparant les faces extérieures de l'édifice.

La question reste d'ailleurs subordonnée au choix de la situation jugée la meilleure pour le méridien initial, d'après l'ensemble des considérations que le sujet comporte.

Il serait très avantageux que dans le voisinage du méridien initial il y eût un certain nombre d'observatoires de secours et de contrôle, lesquels pourraient être d'ailleurs des observatoires nationaux déjà existants, occupés à des travaux de divers ordres, mais pouvant au besoin prêter secours à l'observatoire central, dans tous les cas où celui-ci se trouverait chargé de trop nombreux travaux.

Un tel arrangement offrirait l'avantage d'établir un contrôle scientifique utile sur l'établissement central, permettant la prompte rectificatiou des erreurs qui pourraient être commises et tenant en éveil les savants de la station centrale.

Quant aux raccordements des stations de tous les pays avec l'observatoire central et avec les établissements coordonnés du grand méridien, ils consistent naturellement en

réseaux de triangulation et en lignes télégraphiques; la géographie physique du sol devrait se prêter le mieux possible à l'établissement de telles communications. A ce point de vue, si le grand méridien occupe une position centrale au milieu des peuples qui l'utilisent, la somme des raccordements sera la plus petite possible, et ceux-ci deviendront moins onéreux.

Il est évident qu'il y aura toujours avantage à déterminer les longitudes des points principaux du globe par raccordement direct avec le méridien initial, au lieu de passer par une suite de stations intermédiaires dont chacune ajoute l'incertitude de son erreur propre à celle de la dernière mesure.

Les cables électriques sous-marins comportent de plus grandes erreurs de transmissions que les fils terrestres, c'est donc une infériorité pour une station centrale, que de nécessiter beaucoup de raccordements sous-marins.

Il sera désirable que l'on puisse mesurer le mieux possible l'arc du méridien qui répond au méridien initial.

Convenances pour le choix du méridien initial. Méridiens d'observation et méridiens de compte.

1. Il serait désirable que le méridien initial permît d'utiliser avec le moins possible de réductions l'ensemble des travaux géographiques exécutés jusqu'à ce jour. Ce serait un avantage si le réseau des cartes pouvait n'être pas changé, la numérotation des degrés se trouvant seule modifiée.

2. Il serait bon que le méridien initial offrît un point

de départ naturel et commode dans le compte des longitudes. Pour cela, il devrait passer en dehors des continents, dans la mer, entre l'ancien monde et le nouveau; soit dans l'Atlantique, soit du côté opposé, dans l'Océan Pacifique. Ainsi serait évité l'inconvénient d'un changement de signe ou d'un saut de chiffre des longitudes dans l'intérieur des continents habités.

Suivant ces vues, si naturelles qu'elles se sont produites dans tous les temps, Ptolémée a placé le premier méridien aux Iles Fortunées (Canaries). Les Arabes au détroit de Gibraltar, les Hollandais au pic de Ténériffe, Mercator à l'île de Corvo, une des Açores, les Français à l'île de Fer, et de nos jours M. H. Boutillier de Beaumont, développant l'idée de ses devanciers a proposé de faire passer le premier méridien par le détroit de Behring, à travers les solitudes de l'immense Océan Pacifique.

3. Nous voici en face de deux conditions incompatibles ; d'un côté le méridien initial devrait passer dans la mer pour rendre simple le compte des degrés de longitude ; d'autre part il est nécessaire que le même méridien initial traverse les continents, passant au milieu des pays civilisés, pour permettre l'établissement des observatoires et le réseau des mesures géodésiques.

4. Il est possible de concilier ces deux exigences opposées, en distinguant le *méridien d'observation,* sur lequel sont établis les observatoires, et celui *de compte,* marquant le zéro des longitudes, et situé à une distance convenue du méridien d'observation. Ce parti n'offre aucun inconvénient quelconque: la série totale des méridiens pris à la latitude de l'observatoire normal, forme un cercle complet autour du globe, et ce cercle devant avoir un point fixe, il est indifférent que ce point soit marqué d'un chiffre

ou d'un autre, les conditions générales de l'ensemble demeurant absolument les mêmes.

Le méridien de l'île de Fer, tel qu'il fut décrété par le roi de France Louis XIII, était un méridien d'observation sans observatoire, c'est-à-dire un non sens provisoire. Le méridien de l'île de Fer, pris conventionnellement à 20° de celui de Paris, comme l'avait imaginé le géographe Delisle, était un méridien de compte. On sait aujourd'hui, par les mesures de Borda, que le méridien 20°, ouest de Paris, tombe dans l'eau, entre l'île de Fer et Ténériffe, mais cela ne change rien à la signification de ce méridien initial, dont on se sert encore utilement de nos jours. Seulement tout méridien de compte suppose un méridien coordonné, le méridien fixe d'observation qui est dans le cas actuel celui de Paris : le méridien de l'île de Fer n'est pas autonome, il appartient à celui de Paris, comme l'arc-en-ciel appartient au soleil. De même encore on a proposé récemment de choisir pour méridien initial le 90° ouest de Greenwich, ou bien encore le 180° ouest Greenwich; ce seraient des méridiens de compte coordonnés au vrai méridien fixe, le méridien d'observation de Greenwich. Le méridien de Behring proposé par M. H. de Beaumont, serait le méridien de compte de son coordonné fixe, le méridien de Venise qui traverse l'Europe centrale.

La distinction que nous venons de faire d'un méridien d'observation et d'un méridien de compte, ne doit pas être confondue avec celle, quelquefois proposée mais inadmissible, d'un méridien *idéal* et d'un méridien pratique.

[1] Nous avons sous la main un atlas de l'année 1661, où Paris est placé à 23° du méridien de l'île de Fer, situé lui-même à un huitième de degré de la pointe occidentale de l'île.

Par exemple, nous choisissons pour premier méridien l'île de Fer où il n'y a point d'observatoire ; nous fixons même comme *point normal* un point déterminé dans cette île, et nous laissons aux observatoires de Paris, de Madrid, de Greenwich, etc., le soin de déterminer exactement par rapport à eux la situation du point normal que nous avons choisi. Dans ce cas, le méridien de l'île de Fer est un *méridien idéal,* dont la situation comporte les incertitudes des méridiens de Madrid, Paris, etc., augmentée des erreurs de transmission. En cas de désaccord fondamental entre les observatoires précités, il n'y a pas moyen de s'entendre, et la situation exacte du premier méridien demeure incertaine.

Circonstances propres à faciliter l'adoption d'un méridien initial proposé.

Quels que soient les mérites d'un méridien initial, ils disparaissent si ce méridien n'est pas adopté par l'ensemble des nations civilisées.

De là, l'intervention dans le problème, d'éléments extra scientifiques dont il est nécessaire de tenir compte, mais dont l'importance ne doit pas être comptée au delà du strict nécessaire.

Le plus grand obstacle à un accord immédiat est ce sentiment naturel qui va de l'amour de la patrie à l'égoïsme national, comme un ballon monte ou descend dans un nuage entre le sommet de la nue dorée du soleil, et sa base dégouttaute de pluie.

Il serait d'abord convenable et juste, que le méridien initial appartenant à toutes les nations, il en fût de même

de l'établissement qui marquerait sa situation sur le globe. Si les raccordements directs sont reconnus les meilleurs pour les stations principales, faudra-t-il que toutes les nations dépendent du bon vouloir d'une seule pour obtenir ces raccordements, ou les répéter autant de fois qu'elles le jugeraient convenable ? Il est vrai que dans l'état actuel de l'Europe, il ne serait pas très facile de trouver un territoire international pour y installer un observatoire, dont la situation exige d'ailleurs des conditions spéciales. Mais une telle rencontre ne serait pas non plus impossible, et l'on a déjà proposé l'île de Levanzo, l'une des Egades, près de la côte de Sicile, pour le méridien de Venise, et mieux encore le territoire de Giseh, en Egypte, pour le méridien de la grande pyramide. Des conventions spéciales permettraient peut-être de rendre ces territoires internationaux.

Dans le premier cas, le grand méridien ne serait plus celui de Venise, mais de Levanzo. Si le méridien proposé traverse un centre de nationalités, il sera plus utile, et en même temps plus facilement admis. Que le *nœud* du méridien, c'est-à-dire le *point normal*, soit situé dans un lieu d'ancien renom sur lequel l'imagination des peuples s'est longtemps arrêtée, ou bien dans quelque centre glorieux de travaux scientifiques ; ou bien encore qu'un objet répondant à des besoins nouveaux semble appeler des lieux nouveaux, ce sont là des questions de goût et de couleurs sur lesquelles il est permis à chacun d'avoir des préférences, mais sur lesquelles aussi il serait inutile de discuter.

Condition de l'uniformisation de l'heure.

Tout système arbitraire d'heure doit être absolument

exclu : toute combinaison par exemple, dans laquelle l'heure ne serait pas la même, à chaque instant, sur un même méridien, et tout système comportant des sauts brusques du temps. On ne pourrait pas s'entendre sur des bases arbitraires.

D'autre part on a vu dans les pages qui précèdent qu'il sera nécessaire de considérer à l'avenir deux sortes d'heures :

1° *L'heure locale,* celle où midi est marqué par le passage du soleil moyen au méridien du lieu.

2° *L'heure universelle ou initiale,* c'est-à-dire l'heure qu'il est sur le méridien initial, à l'instant que l'on considère : l'heure initiale est la même, à chaque instant, pour toute la terre.

Le problème qui reste à résoudre est celui-ci :

Si l'on veut employer simultanément deux sortes d'heures quelles dispositions conviendrait-il d'adopter :

a. Pour ne pas confondre l'heure locale et l'heure sidérale.

b. Pour traduire facilement l'une dans l'autre.

Nous abordons premièrement la seconde question. En principe, la comparaison de l'heure locale à l'heure universelle indique la longitude du lieu ; inversément si l'on connaît la longitude du lieu et l'heure locale, on peut en déduire l'heure universelle. Mais le calcul à faire sera plus ou moins simple suivant la manière dont on aura noté la longitude sur la carte. Quelle serait, à ce point de vue, la notation la plus avantageuse ? On sait que les longitudes sont exprimées tantôt en degrés, tantôt en heures, et qu'à partir du premier méridien les degrés ou les heures sont comptés à droite et à gauche, de 0° jusqu'à 180°, ou de 0 heure à 12 heures jusqu'à l'anti-méridien,

ce qui donne les longitudes orientale et occidentale. Dans plusieurs cartes anciennes, et même dans quelques cartes et globes modernes, les longitudes sont comparées de l'ouest à l'est et de 0° à 360° ou de 0 heure à 24 heures, en faisant le tour entier du globe ; le premier méridien compte alors à la fois pour 0 heure et 24 heures.

Comme il s'agit maintenant d'un compte d'heures, le calcul sera plus simple si les longitudes sont marquées en heures sur la carte. Après cela, il est facile de reconnaître que le calcul se complique, du fait de la seconde série de 12 heures, numérotées de l'orient à l'occident, ce qui oblige de prendre le supplément du chiffre des heures. Il reste, comme facilement utilisable, la division en 24 heures, de l'orient à l'occident ; il suffit alors d'ajouter au chiffre de l'heure universelle celui de la longitude, puis de retrancher 24 dans le cas où la somme trouvée serait supérieure à ce chiffre, pour avoir l'heure locale : réciproquement si l'on retranche de l'heure locale la longitude en ajoutant 24 heures si cela est nécessaire pour que la soustraction s'effectue, on a l'heure initiale ; ou bien encore, si l'on retranche de l'heure locale l'heure initiale, on obtient la longitude. Rien n'est donc plus facile que ces opérations. Seulement l'heure se trouve comptée sur le pied de 24 heures consécutives pour un jour. Il faudrait retrancher 12 heures dans le cas où le chiffre obtenu serait supérieur à 12, pour avoir l'heure exprimée à la manière ordinaire, on aurait alors des heures de la première partie du jour, et si aucune soustraction n'était nécessaire les heures seraient celles de la seconde partie du jour.

Nous pensons qu'il serait avantageux de conserver la

division du jour en 24 heures consécutives pour le temps universel, et celle de deux séries de 12 heures, l'une du soir et l'autre du matin, pour le temps local. Il n'y aurait ainsi rien de changé dans la manière habituelle de compter le temps local, tandis que la division en 24 heures consécutives pour le temps universel rendrait la confusion des deux espèces d'heures plus difficile, simplifierait un peu les notations et les calculs, et enfin couperait court à la difficulté de désigner par un mot convenable les deux périodes consécutives de 12 heures composant le jour, et qui ne pourraient plus, dans le temps universel, recevoir les noms de soir et de matin.

Montres. Tout cela ne suffirait pas sans des modifications correspondantes faites dans les montres. Nous pensons qu'il n'y aurait pas de difficultés sérieuses soit à transformer les montres actuelles, soit à construire des montres nouvelles de telle manière qu'elles marquent à la fois le temps universel et le temps local sur deux cadrans différents.

Supposons une montre de ce genre bien réglée, portée par un voyageur. Il n'aura jamais à toucher aux aiguilles du temps universel qui marqueront toujours l'heure exacte du chemin de fer. Quant aux heures locales elles seront marquées sur le second cadran dont le voyageur fera tourner les aiguilles de la quantité relative à chaque localité, en se dirigeant pour cela soit sur les indications d'une horloge locale, soit sur la connaissance de la longitude de la localité dans laquelle il se trouve ; longitude exprimée en heures, et qui sera marquée dans toutes les gares ; dans aucun cas il n'y aura de calcul à faire.

Pour les montres actuelles que l'on voudrait transformer, il suffirait de changer une seule roue pour que

l'aiguille des heures fît un tour en 24 heures, puis de remplacer le cadran fixe actuel par deux cadrans concentriques dont l'intérieur serait mobile et marquerait le temps local. Le seul défaut de la montre transformée est que le midi du temps local ne se trouverait pas habituellement à la partie supérieure de la montre.

Le choix d'un méridien initial serait-il de nature à rendre plus ou moins facile la distinction de l'heure universelle et de l'heure locale ? Si l'on choisit un méridien de compte coupant en deux l'hémisphère d'eau de l'Océan Pacifique, et si l'on prend le commencement du jour de 24 heures au moment du passage du soleil au méridien supérieur, comme le font les astronomes, on saura que les heures 18 à 24 ou 0 à 6 sont des heures de nuit pour notre hémisphère continental, et cela donnera une nouvelle ressource pour distinguer l'heure universelle et l'heure locale.

Pour l'heure universelle les navigateurs n'ont pas besoin de changer de date.

Faits relatifs à quelques-uns des méridiens proposés.

Nous rassemblons ici, pour servir à la discussion, quelques faits relatifs à chacun des méridiens dont la candidature a été proposée.

Les coordonnées géographiques, à l'exception de celles de Gyseh sont extraites du Nautical almanach pour 1885.

L'étendue de *terre ferme parcourue* par chaque méridien, est donnée en degrés de grand cercle, mesurée approximativement sur la carte, et toujours limitée aux cercles polaires.

On donne les noms de tous les observatoires de la liste

du Nautical almanach, dont la distance à chacun des méridiens proposés est inférieure à deux degrés de longitude, et qui se trouvent compris, par conséquent, dans un fuseau de 4 degrés de largeur. C'est ainsi qu'il faut entendre la dénomination : *Observatoires de même méridien.*

Greenwich. Observatoire. Latitude = 51°28′38″4 N.
Longitude Ouest de Paris = 0 h. 9′20″9.
Id. en degrés = 2° 20′13″5.

Pays traversés. Angleterre, France, Espagne, Algérie et Afrique occidentale.

Longueur de terre ferme parcourue = 40 degrés.

Observatoires du même méridien. Angleterre : Cambridge, Durham, Kew, Leyton (obs. Gurney Barklay), Orwel Park (Ipswich), Oxford (obs. Radcliffe), Oxford (obs. de l'Université), Portsmouth, Tulse Hill (W. Huggins). *France :* Marseille. Total = 10 observatoires.

Méridien de compte. L'antiméridien soit méridien 180° de Greenwich, proposé comme méridien de compte par les Canadiens. Il coupe la pointe occidentale de l'Asie sous le cercle polaire, à 6 degrés de grand cercle du détroit de Behring, rencontre l'île Amtschitka, l'une des Aleutiennes, puis traverse tout l'Océan Pacifique sans rencontrer aucune île de quelque importance.

Paris. Observatoire Latitude = 48°50′13″ N.
Longitude Est de Greenwich = 0 h. 9′20″9.
Id. en degrés = 2° 20′13″5.

Pays traversés. France, Algérie, Afrique occidentale.

Longueur de terre ferme parcourue = 40 degrés.

Observatoires du même méridien. Angleterre : Stonyhurst, Orwel Park (Ipswich). *France :* Toulouse. Total = 3 observatoires.

Méridien de compte dit de l'île de Fer, c'est le méridien 20° Ouest de Paris. Il passe entre l'île de Fer et celle de Ténériffe (Canaries) et traverse l'Océan atlantique sans rencontrer aucune autre terre que l'Islande. La longitude de la pointe occidentale de l'île de Fer est de 20°30′, d'après Borda : l'île a environ 11′ de largeur.

Antiméridien, ou méridien de 180° de Paris, il coupe la pointe orientale de l'Asie sous le cercle polaire à 4 degrés de grand cercle du milieu du détroit de Behring, traverse les îles Aleutiennes, puis l'Océan Pacifique dans toute son étendue, sans rencontrer aucune terre. Il pourrait être choisi comme méridien de compte.

Venise. Observatoire. Latitude = 45°25′49″5 N.
Long. E. de Greenwich = 0 h. 49,25″4. Id. de Paris = 0 h. 40′4″5.
Id. en degrés = 12°21′21″. = 10° 1′7″5.

Pays traversés. Scandinavie, Danemark. Allemagne, Italie, Tripoli et Afrique centrale.

Longueur de terre ferme parcourue = 73 degrés.

Observatoires du même méridien. Suède : Lund. *Norwège :* Christiana. *Danemark* : Copenhague (Université). *Allemagne :* Berlin, Dresde (Engelhardt), Leipzig, Gotha (nouvel obs.), Munich (Bogenhausen). *Austro-Hongrie :* Kremsmunster, Pola. *Italie :* Bologne, Florence (Musée royal), Modène, Padoue, Rome (Collège romain), Naples (Capodimonte), Palerme. Total = 17 observatoires.

Méridien de compte. L'antiméridien, à 180° de longitude de Venise, 170° de Paris, 150° de l'île de Fer, coupe l'Alaska au cap oriental (ou cap du prince de Galles), traverse le détroit de Behring, l'île Ounalesca, une des Aleutiennes, puis tout l'Océan Pacifique, sans rencontrer aucune terre.

Berlin. Observatoire. Latitude = 52°30′16″7 N.
Long. E. de Greenwich = 0 h. 53′34″9. Id. de Paris = 0 h. 44′14″0.
Id. en degrés = 13°23′43″5. = 11° 3′30″0.

Pays traversés. Scandinavie, Allemagne, Italie et Sicile, Tripoli et Afrique centrale.

Longueur de terre ferme parcourue = 78 degrés.

Observatoires du même méridien. Suède : Lund. *Danemark :* Copenhague (Université). *Allemagne :* Dresde (Engelhardt), Leipzig, Munich (Bogenhausen). *Austro-Hongrie :* Vienne (Oppolzer), Vienne (nouvel observatoire), Kremsmunster, Prague, Pola. *Italie :* Venise, Padoue, Rome (Collège romain), Naples (Capodimonte), Palerme. Total = 15 observatoires.

Poulkowa. Observatoire. Latitude = 59°46′18″7 N.
Long. E. de Greenwich = 2 h. 1′18″7. Id. de Paris = 1 h. 51′57″8.
Id. en degrés = 30° 19′40″5. = 27° 59′27″0.

Pays traversés. Russie, Asie Mineure, Égypte et Afrique orientale.

Longueur de terre ferme parcourue = 87 degrés.

Observatoires du même méridien. Russie : Pétersbourg (Acad. d. Sc.), Nicolaef, Odessa. Total = 3 observatoires.

Grande pyramide de Giseh. Latitude = 29°59′.
Long. E. de Greenwich = 2 h. 4′41″. Id. de Paris = 1 h. 55′20″?
Id. en degrés = 31° 10′13″. = 28° 50′.

Pays traversés. Russie, Asie-Mineure, Égypte et Afrique orientale.

Longueur de terre ferme parcourue = 87 degrés.

Observatoires du même méridien. Russie : Pétersbourg (Acad. d. Sc.), Nicolaef, Odessa. Total = 3 observatoires.

L'antiméridien, qui pourrait être pris comme méridien de compte, coupe la pointe occidentale et boréale de l'Amérique vers le cercle polaire à 8 1/2 degrés de grand cercle du détroit de Behring, et de là traverse tout l'Océan Pacifique sans rencontrer aucune île de quelque importance.

Washington. Observatoire naval. Latitude = 38°53'38"8 N.
Long. O. de Greenwich = 5h.8'12"1. Id. de Paris = 5h.17'33".
Id. en degrés = 77° 3' 1"5. = 79° 23'15"0.

Pays traversés. Canada, États-Unis, île de Cuba, Jamaïque, partie ouest de l'Amérique du Sud.

Longueur de terre ferme parcourue = 53 degrés.

Observatoires du même méridien. États-Unis : Georgetown (Collège OC.), Hamilton collège, Clinton. Total = 2 observatoires.

Considérations générales.

On peut dégager de ce qui précède les faits généraux suivants :

1. *Point normal le plus convenable.* Comme permanence du repère : *la grande pyramide de Giseh.* En l'absence de tout point de départ absolument naturel sur le globe, la pyramide demeure comme une splendide tête de clou, qu'il ne sera facile ni de déplacer ni de détruire. Toutes les autres stations actuelles offrent une valeur très inférieure à celle de la pyramide

Cependant il resterait à voir si, malgré le ciel toujours serein de l'Égypte, les conditions atmosphériques y sont favorables, et si, en particulier, le sable du désert chassé par le vent n'amènerait pas la détérioration des instruments d'astronomie.

2. *Observatoires coordonés.* Le nombre des observatoires qui existent déjà autour de chaque méridien peut assez

bien servir de mesure aux conditions qui favorisent l'installation de ces établissements. C'est à ce titre que nous avons recueilli les chiffres suivants : ils se rapportent comme nous l'avons déjà dit, aux observatoires situés à moins de deux degrés de longitude de chaque méridien proposé; nous comptons ici l'observatoire principal.

1. Venise	18	observatoires.
2. Berlin	16	»
3. Greenwich	11	»
4. Paris, Poulkowa, Giseh; chacun	4	»
5. Washington	3	»

4. *Raccordements.* Les observatoires les mieux partagés au point de vue de la facilité des raccordements sont naturellement ceux dont la situation par rapport à l'ensemble des pays civilisés est la plus centrale, ceux dont les méridiens s'étendent sur la plus grande étendue de terre ferme, et qui ont le plus grand nombre d'observatoires coordonnés.

On vient de résumer ce dernier objet; quant à l'étendue de terre ferme que parcourt chaque méridien, jusqu'à la limite du cercle polaire, on aurait les chiffres suivants:

Poulkowa et Giseh	87	degrés.
Berlin	78	»
Venise	73	»
Washington	53	»
Paris et Greenwich	40	»

Si l'on considère l'ensemble des circonstances favorables aux raccordements, on trouvera peut-être que les méridiens les plus favorisés, dans l'état actuel du monde, sont ceux de *Venise et de Berlin.*

Mais plus tard, si le déplacement des centres de civilisation, après avoir longtemps marché de l'Orient à l'Occident, se reportait de nouveau vers l'Orient, les méridiens de Poulkowa et de Giseh, qui s'étendent sur une plus grande longueur et qui partagent plus également l'ancien monde, prendraient la prééminence.

Greenwich et Paris d'un côté, Washington de l'autre, trop excentriques, restent inférieurs, au point de vue qui nous occupe.

5. *Utilisation de travaux actuels.* Nous ne parlerons pas des éphémérides qui doivent être sans cesse recalculés, il s'agit principalement des cartes.

La plupart des cartes qui existent sont établies sur les méridiens de Greenwich ou de Paris. La grande majorité des cartes marines en usage réel est établie sur le méridien de Greenwich qui représente, en déterminations de longitude, la plus grande somme de travaux.

Les méridiens dont le choix permettrait de conserver le réseau actuel des cartes seraient 1° *Venise,* pour le méridien de Paris, la différence est de 67 secondes d'arc, et pourrait être facilement annulée; 2° *Poulkowa* pour le méridien de Greenwich, la différence est de 19′ 40″ de degré, et le raccordement des réseaux obligerait à quelques arrangements un peu difficiles. Les différences constantes qui influent seulement sur la numérotation des degrés, sont d'ailleurs de 10°, soit 40 minutes de temps pour Venise-Paris, et 30°, soit 2 heures pour Poulkowa-Greenwich.

6. *Méridien de compte.* Le meilleur de tous serait l'antiméridien de Venise, qui traverse le détroit de Behring. Puis celui de Berlin, qui s'en rapproche le plus. Les antiméridiens de Greenwich d'une part, de Poulkowa et de Giseh de l'autre, seraient encore acceptables.

7. *Caractère international de la station centrale.* Greenwich offrirait le plus de difficultés et Giseh le moins. Après Giseh viendrait peut-être Venise, qui pourrait fournir sur quelque point de son méridien une station internationale, par suite de quelque arrangement, soit avec l'Italie, soit avec l'Autriche.

Maintenant on peut considérer les faits suivants :

Washington occupe une situation fort excentrique dans l'ensemble de l'hémisphère continental, ne donne pas un bon méridien de compte, et ne remplit d'ailleurs d'une manière prépondérante aucune des autres conditions requises.

Berlin fait partie du groupe serré Berlin-Venise, les conditions générales de ces deux méridiens, favorables du reste, étant à peu près les mêmes, de telle sorte que l'on est conduit à choisir entre les deux. Or, Venise offre le grand avantage d'être exactement à 10° de Paris, et par conséquent de n'exiger aucun changement dans le réseau de toutes les cartes dressées sur les méridiens de Paris et de l'île de Fer. Il est d'ailleurs assez probable que les Français n'accepteraient pas le méridien de Berlin, que l'on mettra peut-être en avant pour les décider en faveur de celui de Greenwich.

Paris fait partie du groupe excentrique Paris-Greenwich, où les deux méridiens, éloignés de 2 $^{1}/_{3}$ degrés seulement, se trouvent à peu près dans les mêmes conditions générales, avec un avantage en faveur de Paris, au point de vue de la situation continentale, qui favorise les raccordements. Mais cet avantage est balancé par l'importance prépondérante des cartes marines et des observations de longitude, qui se rattachent au méridien de Greenwich.

Quant au groupe Poulkowa-Giseh, analogue aux précédents, Poulkowa permettrait à la rigueur de ne rien chan-

ger au réseau des cartes anglaises, ce qui serait un grand avantage : mais alors il faudrait balancer Greenwich et Poulkowa, et nous pensons que Greenwich prévaudrait sans aucune hésitation. Il resterait en fin de compte :

1. Greenwich, à cause des travaux déjà exécutés.

2. Venise, à cause de la situation en tout excellente.

3. Giseh, à cause de l'incomparable fixité du repère et de la possibilité d'un arrangement international.

L'auteur des lignes qui précèdent n'a point été en mesure de consulter l'ensemble des travaux qui ont été publiés jusqu'à ce jour sur les questions du premier méridien et de l'heure cosmopolite. Les sources auxquelles il a puisé se réduisent à quelques opuscules de M. H. Boutillier de Beaumont, président de la Société de géographie de Genève[1]. Une circulaire récente de M. Piazzi Smyth, astronome royal pour l'Écosse[2]. Enfin un extrait d'une communication de M. Otto Struve, à l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg[3].

S'il se trouvait quelque chose de nouveau et d'utile dans les vues développées ci-dessus, l'auteur en serait heureux, mais il n'ose pas trop l'espérer. Il reste, en tout cas, un résumé tel quel d'une question à la fois ancienne et nouvelle, et généralement assez peu connue, bien qu'elle soit de nature à intéresser tout le monde.

[1] Choix d'un méridien initial unique. Genève, 1880, 15 p. 8°. — Dissertation sur l'adoption d'un méridien initial unique. Nancy, 1880, 19 p. 8°. — Communication de M. H. de Beaumont au Congrès de Venise, 7 p. 8°. — *Bulletin de la Soc. de Géographie de Genève.* Séance du 11 mars 1881.

[2] C. Piazzi-Smyth, Mémorandum demandé par le Comité américain des poids et mesures, présidé par Ch. Latimer. 5 juin 1883, 3 p. 4°, (en anglais).

[3] Cet extrait est contenu dans le journal astronomique allemand, le *Sirius*, année 1882, 1er cahier.

NOTICE

SUR LES

INCENDIES ALLUMÉS PAR LA FOUDRE

PAR

M. D. COLLADON
Professeur.

J'ai publié en 1872 [1] une notice assez étendue, sur les effets de la foudre sur les arbres et les plantes ligneuses et sur l'emploi des arbres comme paratonnerres. M. Edmond Becquerel a eu l'obligeance de faire un rapport verbal à l'Académie à l'occasion de cette notice où j'ai signalé plusieurs faits nouveaux. Dans ce mémoire je rappelais que l'année 1868 avait été exceptionnellement fertile en orages.

Il en est de même de l'année actuelle ; dans une partie de l'Europe, en Suisse très spécialement, le nombre des coups de foudre qui ont occasionné des morts d'hommes, des incendies, ou de notables dégâts, dépasse de beaucoup la moyenne des douze dernières années [2].

[1] Mémoire sur les effets de la foudre sur les arbres et les plantes ligneuses, emploi des arbres comme paratonnerres. (*Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, 1872, t. XXI, seconde partie).

[2] J'ai signalé dans ce mémoire de 1872, les traces fort intéres-

Ce doit être pour les physiciens et les météorologistes un devoir d'humanité de signaler toutes les fois que la chose est possible, les causes locales qui leur paraissent avoir occasionné un incendie allumé par un coup de foudre et d'insister sur les précautions élémentaires qui auraient pu prévenir ce désastre.

Au mois de juillet dernier une maison située à Beaulieu, canton de Neuchâtel, dont le galetas contenait un dépôt de vieux fer, ayant été incendiée par la foudre, un journal local annonça que M. le Dr Hirsch avait été d'avis que ce dépôt de vieux fer placé dans le galetas avait pu attirer la foudre et devenir la cause du désastre. J'ai été consulté à cette occasion par une association qui s'occupe activement dans la Suisse romande de recueillir et publier à Genève dans un journal mensuel, *La Défense*, des documents sur les causes des incendies et sur les moyens qui peuvent servir à les prévenir ou à les combattre.

santes et généralement spéciales qui résultent de la chute de la foudre sur les différentes espèces d'arbres et en particulier sur les vignes lorsque les ceps sont rapprochés entre eux ($0^m,70$ à 1^m) et tous taillés à la même hauteur au-dessus du sol, culture qui est usitée dans le plus grand nombre des départements viticoles de France, dans toute la Suisse, etc. — J'ai démontré par une multitude d'observations bien constatées que la foudre frappe presque toujours les arbres et les vignes, non comme un simple trait foudroyant, mais comme une vaste nappe cylindrique ou conique, qui enveloppe en réalité la presque totalité du sommet, quelquefois même les sommets d'un groupe d'arbres très voisins et qui sur les vignobles atteint une surface circulaire bien définie de 10, 15 ou 20 mètres de diamètre, contenant quelques centaines de ceps. J'ai eu connaissance de six coups de foudre ayant frappé des vignobles pendant l'année courante, dans le seul canton de Genève, c'est plus de la moitié des cas analogues que j'ai pu connaître depuis onze années. Cette proportion est à peu près la même pour d'autres essences et confirme ce que j'ai énoncé sur la multitude des orages en 1883.

Voici la substance de ma réponse, datée du 27 juillet 1883 :

« Je pense, d'après une multitude de faits connus, que « ce dépôt de vieux fer placé dans le galetas n'a eu « qu'une influence nulle, ou bien minime, pour attirer la « foudre sur ce bâtiment, tout en admettant qu'il est « possible qu'il ait été une cause secondaire de l'in- « cendie.

« Les corps métalliques sur les toits, dans les murs « ou dans les appartements, n'ont évidemment qu'une « très minime influence pour attirer les coups de foudre « depuis les nuages. Nous ne voyons pas que les maisons « de ville ou de campagne, qui depuis un demi-siècle ont « été pourvues de toitures presque entièrement métalli- « ques, avec ou sans paratonnerres, soient plus souvent « atteintes que celles qui ont des charpentes en bois et « sont couvertes en tuiles. Un simple dépôt de vieux fer « dans un grenier doit avoir bien moins d'influence pour « attirer la foudre d'un nuage orageux qu'une toiture « revêtue de zinc, ou qu'une charpente en fer soutenant « un revêtement en tuiles ou en ardoises.

« Mais lorsqu'une maison qui n'a pas de bon conduc- « teur métallique allant du toit jusqu'au sol humide, est « frappée par la foudre, le courant électrique peut se « répandre à l'intérieur, les corps métalliques qu'elle « contient ont alors une influence notable sur son par- « cours et peuvent être la cause d'un incendie.

« Placez un corps très combustible, de l'amadou, des « corps imprégnés d'esprit de vin, etc., entre deux barres « métalliques peu distantes, l'une étant plus ou moins « isolée et l'autre communiquant avec le sol, et faites « passer une forte décharge électrique de la première à

« la seconde, il se produira entre elles une vive étincelle « qui allumera le corps combustible.

« De même le courant de la foudre en circulant à « l'intérieur d'un bâtiment, avant de se répandre dans le « sol, saute d'un corps conducteur sur un autre, et dans « ce trajet il tend à incendier les corps combustibles « intermédiaires.

« Il est possible et il me paraît très probable que « l'incendie allumé par la foudre dans un galetas à Beau- « lieu aura eu cette origine.

« La maison a été foudroyée sans que le dépôt de « vieux fer en ait été la cause ; cette maison n'ayant pas « de conducteur métallique extérieur pour conduire la « foudre dans le sol, celle-ci a pénétré à l'intérieur se « dirigeant de préférence vers les corps métalliques et « en passant sous forme de puissantes étincelles de l'un « à l'autre, elle a pu enflammer les objets combustibles « intermédiaires.

« Peut-être mon savant collègue M. le Dr Hirsch est-il « du même avis et son explication peut avoir été mal « comprise et mal interprétée par ceux qui l'ont commu- « niquée au journal [1].

« Je profite de cette occasion pour rappeler l'impor- « tance d'établir pour toute maison isolée et que l'on « suppose pouvoir être foudroyée, une communication « métallique valable entre le faîte et le sol humide, en « donnant à ce conducteur une forte section.

« Agréez, etc. »

[1] M. le Dr Hirsch m'avise, par lettre datée de Paris 7 octobre, que ses explications ont été en effet mal interprétées et qu'il est d'accord avec moi sur la cause probable de l'incendie de Beaulieu.

Le 15 août suivant, à une heure après minuit, dans un domaine situé à Bourdigny, canton de Genève, il y a eu dans un court intervalle trois chutes de foudre, la première sur une ferme, la seconde sur un peuplier distant de 80 mètres et la troisième sur une vigne plus éloignée. La ferme a été incendiée en peu d'instants dans toute sa longueur et entièrement consumée avec les récoltes qu'elle contenait.

Le propriétaire, M. l'architecte Sautter, a eu l'obligeance de me remettre un dessin exact de la section transversale de cette ferme avant l'incendie. Je joins une copie réduite de ce dessin, dont l'inspection seule montre quelle a dû être la cause de cet incendie et combien il eût été facile avec une bien minime dépense de prévenir le désastre.

La partie supérieure du toit était recouverte dans toute sa longueur d'une faîtière en fer-blanc. Le toit était supporté par une charpente toute en bois, sauf les seuls poinçons formés de barres verticales *pp'* en fer forgé, liant les entraits avec la charpente du faîte. Au-dessous des entraits EE' et jusque près d'eux, le premier étage était entièrement rempli par plusieurs centaines de quintaux de foin.

Au côté nord de ce grenier, on avait installé un grand réservoir à eau qu'une machine hydraulique alimentait jour et nuit par un filet d'eau. Ce réservoir communiquait avec le sous-sol par trois conduites métalliques.

A l'extrémité nord E' d'un des entraits était fixé un gros fil de fer horizontal sur lequel pouvait courir une poulie métallique à laquelle était suspendu un second fil de fer *nn'* arrivant jusqu'au sol et servant à attacher un chien de garde. Les personnes arrivées aux premières

lueurs de l'incendie ont trouvé le chien foudroyé au pied de la façade nord.

Il est facile d'analyser le chemin qu'a dû suivre la foudre, la cause de l'incendie et de sa rapide extension.

La foudre, après avoir frappé la faîtière métallique a dû descendre par les tiges en fer pp', employées comme poinçons ; là, l'électricité ne trouvant aucun corps bon conducteur a dû franchir sous forme de lame de feu les quelques mètres qui la séparaient du réservoir à eau en bonne communication par des tubes de métal avec le sous-sol, et dans ce trajet elle a dû suivre et enflammer la surface supérieure et latérale du foin accumulé qui lui barrait le passage, tandis qu'une petite quantité suivait l'entrait, atteignait le fil de fer horizontal mm' et descendait par celui nn' qui communiquait électriquement avec le sol par le corps du chien foudroyé.

Une simple tige métallique longue de 8 à 9 mètres, d'un ou deux centimètres de section si elle avait été en fer, ou d'un demi-centimètre carré, si elle avait été en cuivre [1], fixée contre l'entrait et réunissant le réservoir au poinçon le plus voisin, aurait pu suffire pour prévenir la destruction complète de cette ferme avec tout son mobilier et ses récoltes.

On multiplie aujourd'hui le nombre des pièces métalliques dans les constructions, beaucoup de fermes et de maisons d'habitation sont pourvues d'un réservoir à eau dans l'intérieur des bâtiments, le fer-blanc et le zinc remplacent assez généralement les tuiles et servent à couvrir le sommet et les angles des toits ; ces améliorations

[1] Ces dimensions, suffisantes pour des tiges placées à l'intérieur d'un bâtiment, devraient être portées au double pour des conducteurs logés à l'extérieur des maisons.

devraient être généralement complétées, en vue d'un foudroiement possible, par des liaisons métalliques continues allant du faîte jusqu'à la terre et offrant un écoulement facile à la foudre pour se répandre dans le sol sans dégrader ou incendier les maisons foudroyées.

Genève, 15 septembre 1883.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 6 septembre 1883.

M. le prof. Favre communique à la Société ses récentes observations sur l'existence d'un ancien lac dans la région de Soleure. Les observations de M. Lang et en dernier lieu celles de M. Favre, ont mis en lumière l'existence de plusieurs terrasses postglaciaires des environs de Soleure. La terrasse la plus basse est à un niveau de 431 à 434^{m}, soit de 4 à 5^{m} au-dessus du niveau moyen de l'Aar, elle porte la chapelle de Dreibeinskreuz et le plateau de Muttenhöfe. Une seconde terrasse s'élève à 25 ou 28^{m} au-dessus de l'Aar, on y trouve le Spitalhof, Tegetz, Neuhaüslein. Elle présente une conformation tout à fait analogue à celle que M. Colladon a observée dans la terrasse des Tranchées à Genève, c'est-à-dire des bancs horizontaux de gravier reposant sur des couches de sable et de gravier fortement inclinées dans le sens du cours de l'Aar. On ne peut s'expliquer cette structure qu'en considérant ces couches comme les alluvions d'une rivière qui se jetait en ce point dans un lac dont le niveau était celui de la ligne qui sépare les bancs horizontaux de gravier et les couches inclinées. On observe encore d'autres terrasses, ou portions de terrasses jusqu'à un niveau de 485^{m}, mais elles sont d'origine glaciaire et déposées à une époque antérieure par le glacier du Rhône. La hauteur de la ligne horizontale de la terrasse postglaciaire supérieure est de 453^{m},50 en moyenne, c'est le niveau de l'ancien bassin. En effet son existence a été rendue possible par la présence de plusieurs grandes moraines laissées par le glacier du Rhône en aval de Soleure. Trois d'entre elles, au moins, ont pu former un

barrage assez élevé pour soutenir les eaux de l'Aar à 454m de hauteur. Étant donné ce niveau, le lac devait s'étendre jusqu'à Entreroche au S.-O. d'Yverdon, sur une longueur de 100 kilomètres environ. On ne peut indiquer la position exacte des issues que ses eaux pouvaient avoir. Les dégorgeoirs étaient évidemment aux points les moins élevés des moraines; ces dernières ont été en partie détruites par le cours de l'Aar et sont peu à peu arrivées à leur état actuel. La présence du lac de Soleure confirme ce que plusieurs travaux ont déjà démontré, savoir que dans les premiers temps de l'époque postglaciaire la surface de la Suisse était beaucoup plus couverte d'eau que maintenant.

M. Fol insiste sur l'intérêt que ces observations présentent pour la zoologie. En expliquant l'analogie qui existe entre les faunes de lacs situés sur des versants différents, et en démontrant l'existence d'anciennes communications par eau entre des bassins actuellement différents, elles ont une grande portée pour l'étude de la distribution géographique des animaux.

M. Prevost, comme suite à une communication antérieure[1], expose les résultats d'une nouvelle étude qu'il a faite en collaboration de M. Frutiger, assistant de chimie biologique, sur l'influence de la désarticulation d'un membre sur la constitution du squelette. Dans leurs expériences antérieures relatives à l'action du mercure sur le squelette, MM. Prevost et Frutiger avaient observé que la désarticulation d'un tibia augmente la richesse en parties minérales du tibia opposé. Les nouvelles expériences ont été faites sur des cochons d'Inde et sur une famille de chats. Elles ont consisté à désarticuler un membre (bras, jambe) d'un animal en conservant comme témoins des animaux de même âge, élevés dans des conditions identiques. L'analyse des os, tout en confirmant les résultats précédents, a montré que l'augmentation des parties minérales des os semble se produire, non seulement pour l'os correspondant à celui qui a été amputé, mais encore pour tous les os du squelette. En effet,

[1] Voyez *Archives*, 1883, t. IX, p. 486.

les os naseaux des animaux amputés d'un bras ou d'une jambe se sont montrés plus riches en parties minérales que ceux des témoins du même âge, élevés dans les mêmes conditions et qui n'avaient pas subi d'amputation. MM. Prevost et Frutiger se réservent de revenir sur cette question lorsque leurs expériences auront été plus nombreuses et les lois de ces variations plus complètement étudiées par eux.

M. Wroblewsky, le savant professeur de Cracovie, introduit à la séance par M. Raoul Pictet, expose quelques-uns des principaux résultats de ses expériences pour déterminer la densité de l'oxygène liquide. L'appareil dont il s'est servi pour liquéfier l'oxygène, l'azote, l'oxyde de carbone ressemble à celui qui a été imaginé autrefois par notre illustre confrère le professeur Colladon. L'oxygène est comprimé dans un tube de verre, capillaire à sa partie supérieure où il est infléchi deux fois à angle droit, large dans toute sa partie inférieure qui est ouverte et plonge dans un tube de fer rempli de mercure. Le mercure, chassé par la pression dans la portion large du tube de verre, produit une pression considérable dans le tube capillaire. Par l'action combinée et successive de l'acide carbonique et de l'éthylène liquéfiés on obtient un froid de —136° dans un récipient qui enveloppe l'extrémité du tube capillaire et on amène à cette température l'oxygène comprimé. A cette température il suffit de 22 atmosphères pour liquéfier l'oxygène. Comme le montre la forme du ménisque qui se produit alors, la tension superficielle de l'oxygène liquide est moindre que celle de l'acide carbonique liquide.

Un thermomètre à hydrogène sert à mesurer la température. A — 113° il faut 50 atmosphères pour liquéfier l'oxygène, à — 129°,6 il en faut 27, à — 135°8 il en faut 22°,2. La densité de l'oxygène liquide à 130° a été trouvée par M. Wroblewsky de 0,895, chiffre presque égal à celui obtenu par M. Raoul Pictet.

Armé de ces procédés de refroidissement, M. Wroblewsky a reconnu que le sulfure de carbone gèle à — 116° et fond à —110°, et que l'alcool absolu gèle à —130°,5. Quant à la question des plus grands froids obtenus par divers observa-

teurs, M. Wroblewsky les apprécie comme suit : Faraday par un mélange d'acide carbonique et d'éther dans le vide a dû arriver à — 110° ; M. Cailletet avec l'éthylène a atteint — 103° ; M. Natterer qui a accusé — 140° n'a pas dû dépasser — 111° puisqu'il employait comme substance thermométrique le chlorure de phosphore qui gèle à — 111°. M. Raoul Pictet a dû arriver presque exactement à la même température que M. Wroblewsky, près de — 136°. Quant à la liquéfaction de l'hydrogène, ce n'est que par un abaissement de — 200° qu'elle peut être réalisée ; par la détente il a dû pouvoir l'obtenir.

M. Raoul Pictet fait ressortir ce qu'il y a de particulièrement ingénieux dans la méthode employée par M. Wroblewsky entre autres dans l'emploi de l'éthylène comme corps réfrigérant, ce liquide jouissant de la qualité précieuse d'être d'une parfaite transparence et permettant ainsi l'observation très nette du ménisque. M. Pictet estime, d'après ses propres recherches, que la température critique de l'oxygène peut être admise légèrement au-dessus de — 113° qu'indique M. Wroblewsky et avec une pression un peu supérieure.

M. Wroblewsky pense en effet qu'on pourrait la fixer à — 108° avec 54 atmosphères comme pression correspondante.

M. E. Gautier annonce que M. Brooks a observé le 3 septembre au Warner Observatory à Rochester, État de New-York, la seconde comète de 1883 et cela par 249° AR. et 69° de déclinaison boréale dans le Dragon.

M. le prof. Colladon expose ses récentes recherches sur les causes qui peuvent amener l'incendie des bâtiments par la foudre et les moyens d'y remédier[1].

[1] Voyez pour cette communication le mémoire de M. Colladon ci-dessus, p. 404.

Séance du 4 octobre.

M. le prof. Cellérier, président, se fait l'organe des regrets profonds ressentis au sein de la Société à la nouvelle de la mort inattendue de notre célèbre compatriote et collègue, Oswald Heer, membre honoraire de la Société, survenue à Lausanne, le 27 septembre dernier.

M. le prof. Alph. de Candolle rappelle que M. Heer a débuté dans la science par des mémoires importants sur la géographie botanique de la Suisse orientale, en particulier sur la distribution des plantes alpines dans les montagnes de Glaris, son pays d'origine. Ayant été obligé de passer un hiver à Madère, pour soigner sa santé, il y fit des observations curieuses sur les époques de feuillaison et défeuillaison des arbres d'Europe transportés dans cette île. Plus tard il publia son opuscule classique sur les plantes des stations lacustres de l'ancienne Suisse, dans lequel on ne saurait trop admirer la sagacité et la précision de l'auteur. Mais c'est encore plus dans ses travaux sur les fossiles des époques tertiaire et quaternaire, en Suisse et dans le nord, qu'on a vu se déployer au plus haut degré cette faculté d'intuition de l'auteur qui lui faisait deviner l'organisation d'une plante au moyen d'empreintes souvent incomplètes ou obscures. Il en tirait des déductions générales d'une grande valeur sur les vicissitudes des anciens climats. Son volume *Die Urwelt der Schweiz*, traduit en français par I. Demole, a popularisé en Suisse les découvertes de géologie et de paléontologie, et des séries de mémoires ou d'ouvrages plus étendus, accompagnés d'une quantités de planches ont fait connaître les anciennes végétations des pays arctiques. C'est à Heer surtout qu'on doit la connaissance de ce fait que les régions polaires ont eu jadis des flores analogues à celles des couches tertiaires de l'Europe centrale et de quelques pays méridionaux de notre époque. Les musées et les gouvernements lui adressaient les fossiles végétaux recueillis au Spitzberg, au Groenland, etc., par divers voyageurs, et l'on ne tardait pas à les voir décrits dans le *Flora fossilis arctica*, dont il a paru sept volumes in-4°. Une santé, souvent ébranlée, n'a jamais arrêté

le zèle de notre savant collègue. Peu de jours avant sa mort il faisait à la Société helvétique, siégeant à Zurich, une communication dont nous avons rendu compte[1], et l'on ne peut s'empêcher de noter que ce dernier travail roule sur le même sujet que celui de son début, les plantes alpines de la Suisse. Pour nous et pour le monde savant la perte de Heer est déplorable.

M. Aloïs Humbert ajoute que les travaux de Heer en zoologie, surtout ceux d'entomologie ont laissé une grande trace dans la science. Il a étudié la distribution géographique et les fossiles d'insectes avec le même talent qu'il a déployé dans l'étude des végétaux, et ses idées sur les faunes anciennes complètent celles sur les flores.

M. Victor Fatio, en qualité d'ancien élève de l'Université de Zurich, rend hommage aux mérites de Heer comme professeur. Ses excursions avec les étudiants étaient singulièrement agréables et instructives.

M. le Président fait part à la Société d'une autre perte infiniment regrettable qu'elle vient de faire en la personne de Jos.-Ant.-Ferd. Plateau, un de ses membres honoraires, mort à Gand le 15 septembre dernier. Il rappelle l'importance des travaux de ce savant pour la connaissance des lois de la capillarité.

M. le Dr Lombard communique le résultat des opérations chirurgicales faites par MM. Reverdin, Julliard et Kocher, qui ont excisé tout ou partie du corps thyroïde. Ils ont observé chez plusieurs de leurs opérés divers symptômes qui dénotent des troubles vaso-moteurs ainsi qu'un certain engourdissement des facultés. En outre, les opérés qui étaient à l'époque de la croissance, ont éprouvé un arrêt de développement de la taille et de l'intelligence, de telle manière qu'ils ont présenté plusieurs caractères du crétinisme. Il a montré la photographie de deux sœurs dont la cadette est devenue grande et forte, tandis que l'aînée, à qui l'on a fait l'excision de la thyroïde, est restée petite et son intelligence a été obscurcie au point de la faire ressembler à une crétine.

[1] *Archives*, t. X, p. 351.

M. le Dr Lombard conclut de ces faits que l'intégrité des fonctions de la thyroïde est nécessaire au développement normal du corps et de l'intelligence.

M. Raoul Pictet fait une communication *sur la fabrication de la pâte de bois par l'emploi de l'acide sulfureux et des basses températures.*

Lorsqu'on chauffe les substances ligneuses, bois, paille, joncs, etc., et qu'on élève progressivement leur température, on constate que tous les produits multiples contenus dans ces corps ne subissent aucune transformation appréciable jusqu'à la température de 80° centigrades.

Au-dessus de cette température, les gommes, les résines et en résumé tous les produits abandonnés dans le bois par la sève montante et descendante tendent à brunir, à noircir et à *charbonner.* La cellulose qui constitue l'élément essentiel de chaque fibre peut résister sans altération jusqu'à 180°. Au-dessus de cette température elle se décompose et se détruit.

La fabrication de la *cellulose*, pour la confection du papier, a pour objet de dégager les fibres de cellulose, contenues dans les éléments ligneux, des matières incrustantes qui les enveloppent de toutes parts comme dans un fourreau ou étui.

Jusqu'à ce jour, pour désagréger les bois, on les met en morceaux menus coupés à la scie ou à la guillotine, dans de grands autoclaves, sortes de chaudières à parois résistantes, et l'on verse simultanément des solutions de sulfite de chaux ou de magnésie. On porte le tout à une température de 150° à 160° et on laisse la cuisson se prolonger plusieurs jours.

Toutes les matières incrustantes se dissolvent peu à peu et il ne reste plus que la cellulose, seulement la carbonisation des matières incrustantes a noirci la cellulose et a déposé des millions d'atomes de carbone contre les parois élastiques des fibres de cellulose. De là des lavages réitérés et un blanchiment coûteux sont rendus nécessaires avant de pouvoir vendre le produit obtenu.

M. Pictet a pensé que la plupart des difficultés sus-mentionnées pouvaient être supprimées par l'emploi d'un liquide convenablement choisi et qui aurait comme condition la propriété de dissoudre les matières incrustantes et de fournir

à des températures voisines de 80° une pression de cinq atmosphères nécessaire pour faire passer dans l'intérieur du bois la liqueur dissolvante.

Les solutions concentrées d'acide sulfureux et d'eau donnent une complète satisfaction à ce point de vue.

Nous n'entrerons pas dans le détail technique des opérations nécessaires pour se procurer ces solutions, nous dirons seulement que l'on peut obtenir des pressions énergiques à des températures comprises entre 75° et 80°, et que les solutions dissolvent totalement et sans les altérer les matières incrustantes que l'on retrouve intégralement dans les lessives.

La cellulose naturelle, non altérée ni noircie, est blanchie au chlorure de chaux avec la plus grande facilité, et par évaporation on retire tous les bons produits qui peuvent, suivant les cas, être d'une utilité immédiate.

M. Pictet a constaté que la courbe des tensions des vapeurs des solutions d'acide sulfureux peut se représenter par une courbe à trois axes.

Appelant l'axe des x l'axe des températures, l'axe des y l'axe des tensions, l'axe des z l'axe du titre de la solution ou le rapport en poids d'eau et d'acide sulfureux, on constate que si z est nul, la courbe des tensions par rapport à la température est celle donnée par Regnault pour la vapeur d'eau et pour z très grand la tension est la somme des tensions de la vapeur d'eau et de l'acide sulfureux. Jusqu'à un certain titre qui est 17 %, la tension des vapeurs est moindre que la somme des tensions des deux liquides et moindre aussi que celle de l'acide sulfureux anhydre; à partir de ce titre la tension croît avec le titre de la solution.

M. Pictet a obtenu des papiers de qualités variables avec tous les textiles trouvés dans le canton de Genève : bâche des marais, herbes sauvages, joncs, roseaux et avec les essences des bois les plus divers, sapins blanc et rouge, hêtre, frêne, chêne, châtaignier, tremble, peuplier, etc., etc.

La longueur des fils de cellules varie sensiblement d'une essence à l'autre.

M. Édouard Sarasin rend compte brièvement de son travail sur les indices de réfraction du spath fluor et fait circuler

une courbe montrant la loi de variation de ces indices avec la longueur d'onde[1].

M. le prof. Hermann FOL expose les principaux résultats de ses observations relatives à la multiplication des globules rouges du sang des vertébrés. Il a eu l'occasion de revoir la naissance de corpuscules animés, doués d'un mouvement rapide analogue à celui de certaines amibes, qui se forment aux dépens du contenu du noyau des globules rouges chez la grenouille. Ces êtres singuliers n'apparaissent que dans un sang altéré par un séjour plus ou moins prolongé en dehors du corps de l'animal; ils n'ont qu'une existence éphémère et se dissolvent soit spontanément, soit en pénétrant dans d'autres cellules; ils ont été décrits pour la première fois sous le nom de cytozoaires, par Gaule dont les mémoires évidemment très sérieux n'ont pas reçu toute l'attention qu'ils méritent. Ces cytozaires font songer à ce que Bizzozero a nommé la troisième espèce de globules du sang; ils font aussi penser à la théorie du panspermisme de Darwin. Cette théorie, destinée à expliquer certains faits d'observation des plus remarquables, tels que l'influence qu'exerce, chez les mammifères, un premier mâle sur les produits d'un second lit, a rencontré peu d'adhésions parce qu'elle n'est fondée sur aucun fait directement observable. L'on se demande si les cytozoaires ne répondraient pas à ce desideratum de l'ingénieuse hypothèse du plus grand génie de notre siècle. M. Fol a observé une multiplication des globules rouges du sang par division dans les vaisseaux de la grande circulation, non seulement chez les larves des amphibies où ces divisions se présentent pendant une période prolongée, mais même chez les embryons de mammifères et chez ceux de l'homme. Chez l'homme, les globules rouges conservent leur noyau jusqu'au delà de la quatrième semaine de la vie intra-utérine, mais ils cessent de se partager à partir du vingt-quatrième jour à peu près. Ces partages sont accompagnés de toute la série des phénomènes que M. Fol a été l'un des premiers à signaler et qui ont fait plus récem-

[1] Pour ce travail voir ci-dessus page 303.

ment l'objet de travaux spéciaux de la part de MM. Strassburger et Flemming. C'est assez dire que ces globules rouges d'embryons jeunes ont un cytoblaste orné d'un réseau intranucléaire et qu'ils n'ont pas encore la forme typique des globules du sang de l'adulte. Chez ce dernier, les globules rouges ont entièrement perdu la faculté de se multiplier par division directe et ils doivent se recruter, à mesure qu'ils sont hors d'usage, par l'addition d'éléments formés, comme l'on sait, dans la rate et la moelle des os.

M. le prof. Colladon montre un échantillon de papier incombustible. Une feuille de ce papier a pu être emprisonnée sans altération dans un morceau de verre fondu.

M. Colladon montre aussi des photographies de la foudre qui ont été faites en Bohême et qui résolvent la question controversée de la division des éclairs; elles donnent en effet des images très nettes d'éclairs multiples.

M. E. Gautier annonce que la comète Brooks 1883 a été reconnue être la même que celle parue en 1812 (Pons). Encke avait prévu pour cette comète une période de 70 $^2/_3$ ans qui trouverait ainsi une excellente vérification.

M. Gautier informe la Société que les prochaines assises de la Société astronomique qui s'est réunie cette année à Vienne auront lieu à Genève en 1885. Il ne doute pas que la Société de physique ne s'associe à cette solennité scientifique.

M. Humbert rend compte du dernier mémoire de M. Marsh sur les Dinosauriens, ainsi que des découvertes faites récemment en Belgique sur les Reptiles fossiles appartenant à cet ordre.

M. R. Pictet signale les progrès réalisés à l'école dentaire de Genève, sous l'habile direction de M. le D[r] professeur Redard, pour la greffe des dents.

Édouard Sarasin,
Secrétaire des séances.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

SEPTEMBRE 1883

Le 1er, à 3 h. du matin orage avec fort vent et forte pluie.
2, à 1 h. 25 m. du soir éclairs et tonnerres à l'O. et au S.
4, depuis 11 h. 45 m. du matin jusqu'à 4 h. $^1/_2$ du soir éclairs et tonnerres dans toutes les directions et sans interruption.
5, assez fort vent dans la journée.
7, rosée le matin.
9, forte rosée le matin.
10, id.
11, id. ; brouillard de 6 à 8 h. du matin.
14, forte rosée le matin.
15, brouillard le matin; à 3 h. 45 m. du soir éclairs et tonnerres au SO.
17, id. ; très forte rosée le soir.
18, id. ; forte rosée le soir.
19, forte rosée le soir.
20, brouillard le matin; à 11 h. $^1/_4$ du soir éclairs et tonnerres à l'O. avec forte pluie.
21, éclairs et tonnerres au S. et à l'O. à 8 h. 20 m. du matin ; éclairs à l'E. à 8 h. soir; hâlo lunaire à minuit.
22, depuis 6 h. $^1/_2$ du soir à 8 h. du soir éclairs dans toutes les directions.
23, forte rosée le soir.
24, très forte rosée le matin; brouillard à 8 h. du matin; quelques gouttes de pluie à 7 h. 45 m. du soir.
26, très forte rosée le matin; forte rosée le soir.
27, id. ; éclairs et tonnerres à 3 h. $^1/_2$ du soir dans toutes les directions; forte pluie.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 6 h. matin	721,64	Le 2 à midi	716,02
6 à 10 h. soir	729,22	8 à 4 h. soir	727,36
9 à 6 h. matin	729,36	10 à 4 et 6 h. soir	727,38
11 à 10 h. soir	729,11	14 à 4 h. soir	725,25
17 à 8 h. matin	731,72	22 à 10 h. matin	721,15
23 à 10 h. soir	730,67	25 à 6 h. matin	727,20
26 à 10 h. matin	730,39	30 à 4 h. soir	714,43

GENÈVE. — SEPTEMBRE 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	720,59	— 7,17	+17,71	+ 1,12	+14,0	+21,4	11,36	+1,03	774	+ 33	600	900	5,8	1	S. 1	0,74	+18,3	0,0	175,5
2	717,92	— 9,82	+15,02	— 1,46	+11,6	+22,4	9,99	—0,30	804	+ 60	510	930	7,0	6	SSO. 1	0,86	...	.....	173,0
3	724,45	— 3,27	+16,68	+ 0,31	+11,5	+22,0	7,27	—2,98	580	—167	370	780	...	...	S. 1	0,38	14,2	— 4,0	171,6
4	722,63	— 5,07	+12,82	— 3,43	+10,7	+18,9	10,26	+0,05	904	+155	730	1000	24,4	7	variable	0,96	12,6	— 5,5	176,3
5	725,19	— 2,49	+11,47	— 4,66	+ 9,4	+14,4	7,78	—2,39	797	+ 45	600	940	4,2	8	SSO. 1	1,00	10,7	— 7,3	173,0
6	726,75	— 0,90	+12,55	— 3,47	+ 8,7	+18,0	7,45	—2,68	718	— 36	540	830	...	...	NNE. 1	0,68	13,7	— 4,3	174,0
7	728,56	+ 0,93	+13,27	— 2,62	+ 5,4	+21,0	8,01	—2,07	718	— 39	460	990	...	...	SO. 1	0,32	13,6	— 4,3	174,5
8	728,19	+ 0,59	+15,23	— 0,54	+ 7,8	+22,5	7,93	—2,11	645	—114	340	930	...	...	S. 1	0,21	16,0	— 1,8	171,6
9	728,80	+ 1,22	+13,66	— 1,98	+ 8,3	+19,5	8,52	—1,48	746	— 16	520	940	...	...	NNE. 1	0,09	...	.....	170,0
10	727,99	+ 0,44	+12,45	— 3,07	+ 6,4	+18,6	8,82	—1,13	819	+ 55	640	960	...	...	variable	0,21	16,5	— 1,2	165,7
11	728,74	+ 1,22	+12,97	— 2,42	+ 7,9	+16,6	10,32	+0,42	914	+147	810	1000	8,0	2	variable	1,00	16,7	— 0,9	162,5
12	728,01	+ 0,52	+15,68	+ 0,43	+12,9	+19,6	11,01	+1,16	842	+ 73	680	990	3,4	2	NNE. 1	0,88	16,6	— 0,9	161,9
13	727,46	0,00	+16,00	+ 0,88	+13,7	+20,9	10,37	+0,57	787	+ 15	580	900	...	...	N. 1	0,43	17,1	— 0,4	158,1
14	725,93	— 1,50	+14,96	— 0,02	+10,3	+19,8	10,98	+1,23	865	+ 91	690	970	...	...	variable	0,78	17,0	— 0,4	156,7
15	727,10	— 0,30	+14,57	— 0,28	+10,4	+20,6	11,46	+1,76	920	+144	710	1000	5,8	7	variable	0,98	17,0	— 0,3	152,8
16	730,41	+ 3,04	+14,77	+ 0,06	+ 9,7	+22,6	11,03	+1,38	875	+ 96	670	990	...	...	variable	0,66	...	.....	151,0
17	731,20	+ 3,86	+15,08	+ 0,52	+ 9,1	+22,6	10,71	+1,12	843	+ 62	530	990	...	...	S. 1	0,54	17,2	+ 0,1	149,6
18	730,61	+ 3,30	+14,60	+ 0,18	+ 8,3	+20,4	10,22	+0,69	817	+ 34	650	990	...	...	variable	0,33	17,3	+ 0,3	146,5
19	729,22	+ 1,95	+14,19	— 0,09	+10,9	+19,0	10,21	+0,73	857	+ 72	660	950	...	...	N. 1	0,58	17,1	+ 0,2	145,5
20	726,18	— 1,06	+14,89	+ 0,76	+ 7,9	+21,1	11,62	+2,20	895	+108	740	1000	0,2	1	variable	0,94	17,4	+ 0,6	141,8
21	724,83	— 2,38	+15,00	+ 1,02	+12,8	+18,2	10,92	+1,56	878	+ 88	700	950	9,3	10	variable	0,93	15,1	— 1,6	140,3
22	721,89	— 5,29	+14,67	+ 0,84	+10,9	+21,2	10,60	+1,30	867	+ 75	600	1000	16,3	7	SSO. 1	0,86	16,7	+ 0,1	137,9
23	729,39	+ 2,25	+12,50	— 1,18	+ 9,5	+18,0	8,91	—0,33	843	+ 49	620	980	10,6	5	variable	0,40	...	.....	146,0
24	728,78	+ 1,67	+11,28	— 2,24	+ 4,8	+16,1	8,55	—0,63	848	+ 53	660	980	...	...	variable	0,88	15,4	— 1,0	145,0
25	727,69	+ 0,62	+15,77	+ 2,40	+11,2	+22,2	10,15	+1,04	774	— 23	540	940	...	...	S. 1	0,74	16,4	+ 0,1	142,3
26	729,52	+ 2,48	+15,21	+ 2,00	+ 7,1	+23,7	10,45	+1,40	804	+ 5	530	990	...	...	variable	0,04	16,5	+ 0,3	142,5
27	725,73	— 1,27	+13,71	+ 0,66	+ 9,9	+22,0	10,44	+1,46	899	+ 98	660	1000	35,7	7	S. 1	0,88	16,5	+ 0,4	138,0
28	725,79	— 1,18	+12,13	— 0,76	+10,6	+17,0	7,80	—1,12	772	— 31	540	870	4,0	1	SSE. 1	0,82	15,7	— 0,3	143,7
29	718,10	— 8,83	+10,88	— 1,85	+ 9,3	+14,0	8,11	—0,74	855	+ 51	700	980	6,7	4	SSO. 1	0,86	14,7	— 1,2	141,2
30	714,91	—11,99	+10,72	— 1,85	+ 7,4	+15,0	7,29	—1,49	779	— 27	580	870	1,7	2	SSO. 1	0,93	...	.....	142,0

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,19	725,16	725,08	724,73	724,67	724,74	725,00	725,58	725,93
2e »	728,72	728,90	728 82	728,40	727,92	727,67	727,79	728,34	728,56
3e »	724,65	724,77	724,85	724,56	724,16	724,09	724,38	724,84	724,94
Mois	726 19	726,28	726,25	725,90	725,58	725,50	725,72	726,25	726,48
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+10,85	+13,85	+16,50	+17,61	+17,72	+17,38	+16,04	+13,68	+12,16
2e »	+10,98	+13,04	+16,57	+18,03	+19,00	+18,49	+16,94	+15,08	+14,12
3e »	+10,44	+12,18	+14,84	+17,22	+17,22	+16,25	+14,22	+12,60	+11,98
Mois	+10,76	+13,02	+15,97	+17,62	+17,98	+17,37	+15,74	+13,78	+12,75
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	8,50	9,16	8,92	8,82	8,77	9,01	9,03	9,27	8,91
2e »	9,47	10,59	11,18	11,79	11,20	11,44	11,26	11,05	10,88
3e »	8,91	9,30	9,64	9,81	9,49	9,80	9,78	9,44	9,45
Mois	8,96	9,68	9,92	10,14	9,82	10,08	10,02	9,92	9,75
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	873	772	637	593	610	633	673	796	842
2e »	965	936	797	765	682	724	785	866	907
3e »	934	878	767	663	648	711	803	856	902
Mois	924	862	734	674	647	689	754	839	884

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 9,38	+ 19,87	0,54	+ 14,45	41,4	172,52
2e »	+ 10,11	+ 20 32	0,71	+ 17,04	17,4	152,64
3e »	+ 9,35	+ 18,74	0,73	+ 15,87	84,3	141,89
Mois	+ 9,61	+ 19,64	0,66	+ 15,84	143,1	155,68

Dans ce mois, l'air a été calme 5,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 18°,9 O. et son intensité est égale à 23,38 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1883.

Le 1er, brouillard par un fort vent toute la journée.
2, fort vent tout le jour; brouillard à 8 h. du matin et 8 h. du soir; grêle pendant 3 minutes vers 3 h. du soir; neige à 6 h. du soir.
3, fort vent depuis midi.
4, brouillard jusqu'à midi; neige à 6 h. du soir; fort vent jusqu'à 4 h. du soir, puis forte bise.
5, assez forte bise; neige à 6 h. du soir; brouillard depuis 8 h. du soir.
6, brouillard tout le jour par une forte bise.
7, forte bise tout le jour.
8, id.
10, brouillard depuis 6 h. du soir.
11, brouillard presque tout le jour.
12, brouillard par intervalles.
13, brouillard presque tout le jour; assez fort vent le matin.
14, brouillard le matin et le soir.
16, brouillard le matin.
18, brouillard à 6 h. du matin.
21, neige de midi à 2 h. du soir; brouillard l'après-midi.
22, assez fort vent jusqu'à 4 h. du soir; forte bise depuis 8 h. du soir; brouillard dans la journée.
23, neige à 6 h. du matin; brouillard de 8 h. du matin à 6 h. du soir; forte bise tout le jour.
25, brouillard depuis 8 h. du soir.
27, brouillard de 4 h. du soir à 6 h. du soir; depuis 7 h. à 7 h. $^3/_4$ du soir pluie, neige, éclairs et tonnerres au N.
28, neige le matin; brouillard l'après-midi.
29, neige l'après-midi.
30, légère neige à 6 h. du soir.

REMARQUE. Une visite faite au Grand Saint-Bernard dans le courant du mois a montré que le thermomètre indiquait une température trop élevée de 0°,55. Cette correction a été apportée aux températures de ce mois, et sera dorénavant appliquée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 6 h. matin	564,81	Le 2 à 2 h. soir	558,49
3 à 8 h. soir	565,21	6 à 6 h. matin	560,34
8 à 10 h. soir	566,63	10 à 6 h. matin	566,21
11 à 10 h. soir	568,20	14 à 6 h. matin	566,20
17 à 10 h. matin	570,31	22 à 8 h. matin	562,54
24 à 10 h. matin	567,55	25 à 6 h. matin	566,52
26 à 10 h. soir	570,34	30 à 10 h. matin	554,11

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	562,79	— 5,36	562,03	564,81	+ 4,27	— 0,81	+ 4,2	+ 5,2	.....	.....	....	SO. 2	0,99
2	560,16	— 7,94	558,49	561 23	+ 2.14	— 2,85	— 1,1	+ 4,6	40	47,7	....	SO. 2	0,97
3	564,20	— 3,84	562,49	565,21	+ 3.58	— 1.32	— 1,4	+ 6.4	.....	.....	....	SO. 2	0,21
4	564,06	— 3,92	563,13	564,84	+ 0,64	— 4,17	— 0,8	+ 2,8	140	18,0	....	SO. 2	0,92
5	562,03	— 5,89	560,87	563.33	— 0,48	— 5,20	— 2,6	+ 2,4	70	8,5	....	NE. 2	0,86
6	562,94	— 4,92	560,34	564,08	— 2,20	— 6,82	— 3,4	0,0	.....	.....	....	NE. 2	0,93
7	565,78	— 2,01	565,33	566,14	+ 0,50	— 4,02	— 3,4	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 2	0,93
8	566,33	— 1,39	565,93	566,63	+ 1,71	— 2,71	+ 0,2	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 2	0,22
9	566,42	— 1,23	566,41	566,58	+ 0,84	— 3,48	— 0,6	+ 3,2	.....	.....	....	NE. 2	0,26
10	567,10	— 0,48	566,21	568,40	+ 4,60	+ 0,39	+ 0,4	+ 7,7	.....	.....	....	NE. 1	0,07
11	567,80	+ 0,29	567,51	568,20	+ 4,05	— 0,05	+ 3,1	+ 6,3	.....	.....	....	variable	0,72
12	567,29	— 0,15	567,19	567,46	+ 3,88	— 0,11	+ 3,0	+ 5,5	.....	3,4	....	SO. 1	0,93
13	567,07	— 0,30	566,87	567,52	+ 3,67	— 0,21	+ 2,2	+ 6,2	.....	10,5	....	SO. 1	0,83
14	566,67	— 0,63	566,20	567,27	+ 0,50	— 3,26	+ 0,2	+ 1,6	.....	16,6	....	SO. 1	0,93
15	567,03	— 0,19	566,63	567,51	+ 2,11	— 1,53	+ 1,4	+ 3,0	.....	.....	....	SO. 1	0,99
16	568,98	+ 1,84	568,12	569,46	+ 2,72	— 0,80	+ 1,5	+ 4,4	.....	.....	....	NE. 1	0,28
17	569,95	+ 2,89	569,52	570,31	+ 2,75	— 0,65	+ 1,9	+ 4,7	.....	.....	....	NE. 1	0,87
18	568,87	+ 1,89	568,52	569,12	+ 3,21	— 0.06	+ 1,2	+ 5,1	.....	.....	....	NE. 1	0,68
19	568,24	+ 1.34	567,98	568,56	+ 5,07	+ 1,92	+ 1,6	+ 9,0	.....	.....	....	NE. 1	0,58
20	567,36	+ 0,54	567,01	567,63	+ 6,24	+ 3,22	+ 1,3	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 1	0,32
21	564,90	— 1,84	564 42	565,52	+ 2,07	— 0,82	+ 0,7	+ 4,8	40	11,4	....	variable	0,60
22	562,86	— 3,79	562,54	563,28	+ 3,03	+ 0,27	+ 0,4	+ 5,7	120	11,0	....	SO. 1	0,98
23	565,87	— 0,69	563,19	567,48	— 1,28	— 3,91	— 2,6	+ 0,4	40	5,5	....	SO 1	0,93
24	567,26	+ 0,78	567,18	567,55	+ 4,64	+ 2,14	+ 0,9	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 2	0,69
25	566,95	+ 0,55	566,52	567,41	+ 2,50	+ 0,14	+ 1,4	+ 4,3	.....	.....	....	variable	0,60
26	569,44	+ 3,13	568,00	570,34	+ 5,64	+ 3,42	— 5,0	+ 9,2	.....	.....	....	NE. 1	0,78
27	567,41	+ 1,19	565,41	569,14	+ 4,51	+ 2,43	— 0,4	+ 8,8	90	16·8	....	NE 1	0,18
28	562,68	— 3,45	562,24	563,33	— 1.64	— 3.58	— 2,9	+ 0,2	50	12,7	....	SO. 1	0,74
29	557,59	— 8,45	556,66	559,02	— 1,01	— 2,81	— 1,6	+ 0,3	40	4,4	....	NE. 1	0,99
30	554,71	—11,24	554,11	555,77	— 1,24	— 2,90	— 2,9	+ 1,0	.....	.....	....	SO. 1	0,80
											....		0,69

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1883.

	6h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,10	564,18	564,16	564,15	564,03	564,15	564,27	564,42	564,48
2e »	567,69	567,90	568,01	568,01	567,98	567,92	567,98	568,04	568,11
3e »	563,86	563,93	564,12	563,98	564,03	563,96	563,91	564,16	564,04
Mois	565,22	565,34	565,43	565,38	565,35	565,34	565,38	565,54	565,54
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 0,05	+ 1,39	+ 2,55	+ 3,65	+ 3,84	+ 2,75	+ 1,79	+ 1,02	+ 0,78
2e »	+ 1,88	+ 3,12	+ 3,92	+ 5,25	+ 5,33	+ 4,51	+ 3,96	+ 3,36	+ 3,14
3e »	+ 1,28	+ 1,06	+ 3,06	+ 3,59	+ 3,56	+ 2,94	+ 2,01	+ 1,15	+ 0,63
Mois	+ 1,04	+ 1,86	+ 3,18	+ 4,16	+ 4,24	+ 3,40	+ 2,59	+ 1,84	+ 1,52

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 0,85	+ 4,01	0,61	74,2	250
2e »	+ 1,74	+ 5,52	0,70	30,5	—
3e »	— 1,20	+ 4,31	0,74	61,8	380
Mois	— 0,10	+ 4,61	0,68	166,5	630

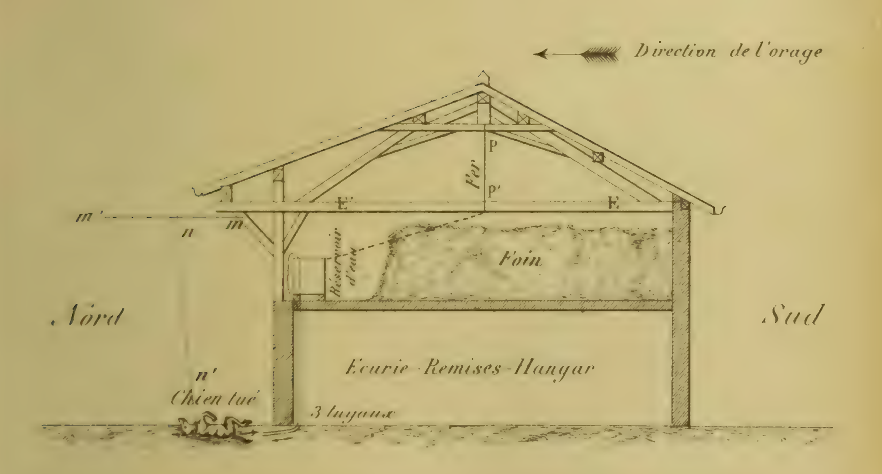
Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,30 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 18,1 sur 100.

Dépendance Sautter à Bourdigny-Genève
foudroyée le 15 Août 1883.

Longueur 25.m00
Largeur 11.m00
Echelle de 0.m005



RECHERCHES

SUR

L'ABSORPTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS

PAR DIVERSES SUBSTANCES

Par M. J.-L. SORET

(CINQUIÈME MÉMOIRE [1])

Je réunis dans ce mémoire les observations que j'ai faites sur l'absorption des rayons ultra-violets par diverses substances entrant dans l'organisme animal. L'origine de ces recherches a été l'étude des milieux de l'œil qui m'a entraîné à examiner un assez grand nombre de corps organiques et quelques liquides animaux.

Sur la transparence des milieux de l'œil [2].

Les milieux de l'œil laissent passer les rayons ultra-

[1] Pour les précédents mémoires, voyez *Archives*, 1878, t. LXI, p. 322; t. LXIII, p. 89; 1880, t. IV, p. 261, et 1883, t. IX, p. 513.

[2] Les faits principaux relatés dans ce chapitre ont fait l'objet d'une communication lue à l'Académie des Sciences de Paris dans la séance du 19 mai 1879 (*Comptes rendus*, t. XXXVIII, p. 1012).—Plus récemment M. de Chardonnet a repris ce sujet par la méthode photographique; il a étendu les observations à un plus grand nombre d'espèces (je n'avais opéré que sur les yeux du bœuf, du veau et du mouton); il s'est occupé surtout des radiations dont la refrangibilité ne dépasse pas la limite du spectre solaire ultra-violet. Dans

violets au moins partiellement : c'est ce que prouve la possibilité de distinguer par vision directe, moyennant certaines précautions, la plupart des raies extrêmes du spectre solaire[1].

J'ai pensé qu'il y aurait de l'intérêt à déterminer quelle est la limite de cette transparence et à rechercher si elle s'étend aux rayons plus réfrangibles que ceux du Soleil. Dans ce but j'ai étudié les propriétés d'absorption de ces milieux en opérant à l'aide des méthodes précédemment décrites, sur des yeux de bœuf, de veau et de mouton.

L'*humeur aqueuse* et l'*humeur vitrée* se comportent l'une et l'autre à peu près de même ; placées dans une auge fermée par des lames de quartz distantes de 1 centimètre, ces deux liquides interceptent tous les rayons plus refrangibles que la raie 14 du cadmium, laquelle est transmise quoique affaiblie. En d'autres termes, sous cette épaisseur, la limite de transparence est sensiblement la raie U du spectre solaire ($\lambda = 294,8$ Cornu).

En diminuant l'épaisseur et la portant à 2 ou 3 millimètres, ces substances interceptent encore les raies 16 à 20 du cadmium[2] ; mais elles laissent passer les raies plus réfrangibles 22 à 24 ; elles donnent donc lieu à une bande d'absorption dont le centre est entre les raies 17 et 18.

Pour étudier plus complètement ces propriétés, j'ai employé l'appareil à épaisseur variable décrit dans mon

cette limite, ses résultats s'accordent en général avec ceux que j'ai obtenus.

[1] Helmholtz, Optique physiologique. p. 313 et 350.— M. Donders a aussi montré objectivement que les milieux de l'œil laissent passer les rayons ultra-violets (*Müller's Ann. für Anat. und Physiologie*, 1853, p. 459).

[2] Je désigne par 16 le groupe des raies 15 et 16 qui se confondent si la dispersion est faible et la fente large.

précédent mémoire[1]. L'humeur aqueuse ou l'humeur vitrée était extraite avec la plus grande propreté de plusieurs yeux de bœuf, aussi vite que possible après que les animaux avaient été abattus, et l'on mesurait les épaisseurs de liquide interceptant les diverses raies ultra-violettes du spectre du cadmium, ou du zinc et cadmium réunis.

J'ai trouvé d'assez grandes différences absolues de transparence entre les divers échantillons sur lesquels j'ai expérimenté, mais ils accusent tous le même caractère général ; on en peut juger par l'inspection des courbes tracées dans les planches V et VI (qui sont à l'*échelle de 10 divisions pour 1 millimètre d'épaisseur*).

La planche V donne les résultats de plusieurs séries portant sur l'humeur aqueuse (yeux de bœuf). La similitude de forme des courbes est incontestable; la transparence, très grande jusqu'à la raie 13, diminue rapidement au delà ; il se manifeste une large bande d'absorption sur les raies 16 à 20 du cadmium, puis une bande de transparence prononcée sur la raie 22, à partir de laquelle la courbe redescend en subissant une inflexion plus ou moins marquée entre 24 et 26. La hauteur du maximum sur 22 change beaucoup suivant les échantillons; celle du minimum correspondant à la bande d'absorption varie aussi, mais entre des limites moins étendues.

Il est à remarquer que la courbe la plus basse (n° 6) se rapporte à de l'humeur aqueuse qui n'était pas fraîche ; elle avait été extraite d'yeux de bœuf pris à l'abattoir la veille du jour de l'observation. Il se produit donc une rapide altération qui peut expliquer en partie les différences observées suivant les échantillons.

Le tableau A, ci-dessous, donne les chiffres obtenus

[1] *Archives*, 1883, t. IX, p. 516.

pour les épaisseurs produisant l'extinction des diverses raies du spectre, sur sept échantillons [1].

Tableau A. — **Humeur aqueuse.**

RAIES	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
14	—	—	—	—	mm 12,56	—	mm 9,75
16	—	—	mm 2,3	mm 2,0	1,15	—	2,0
17	mm 1,45	mm 1,2	1,8	1,9	0,95	mm 0,95	1,2
18	1,55	1,2	1,47	2,05	0,90	0,87	1,05
20	1,75	—	—	—	1,05	0,9	1,0
22	5,8	4,66	3,9	5,6	3,23	1,87	3,97
24	3,70	3,2	2,5	—	1,68	1,05	2,82
25	2,52	—	1,9	—	1,58	0,9	1,85
26	2,00	—	1,5	—	1,31	0,7	1,62
27	1,05	—	—	—	0,75	—	0,85
28	0,82	—	—	—	0,45	—	0,47
29	0,67	—	—	—	0,22	—	0,22

La planche VI donne les courbes se rapportant à l'humeur vitrée ; comme on peut le voir, elles présentent une grande similitude avec celle de l'humeur aqueuse.

Les chiffres sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau B.

RAIES	Humeur vitrée.			Cristallin délayé.
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	
14	mm Dépasse 30	—	—	—
17	mm 2,2	mm 1,6	mm 1,2	mm 0,7
18	1,6	1,9	1,2	2,1
20	—	1,9	1,6	2,1
22	4,6	3,9	4,1	0,35
24	3,4	2,9	2,4	0,3
25	2,4	2,15	—	—
26	1,6	1,5	—	—
27	—	1,05	—	—
28	—	0,85	—	—
29	—	0,6	—	—

[1] Je rappelle que les raies 16 et 20, dont l'intensité est relativement faible, donnent en général lieu à des chiffres trop bas.

L'ensemble de ces observations indique nettement la présence dans les humeurs aqueuse et vitrée, d'une substance très caractéristique; nous reviendrons plus bas sur ce sujet.

La *cornée* et le *cristallin* sont plus absorbants que les humeurs aqueuse et vitrée, fait qui avait déjà été reconnu précédemment[1]. La fluorescence de ces corps contribue sans doute à leur opacité, mais elle n'en est pas la seule cause. L'observation est naturellement plus difficile avec ces substances, puisque l'on ne peut pas aisément faire varier l'épaisseur sur laquelle on opère. Elles sont d'ailleurs très facilement altérables.

La cornée du bœuf ou du veau, soit appliquée sur une lame de quartz, soit placée dans une auge remplie d'eau distillée, intercepte tous les rayons plus réfrangibles que la raie U du spectre solaire. La transparence générale de l'humeur aqueuse, sous la même épaisseur, est bien plus grande.

Le cristallin du bœuf, plongé dans une auge remplie d'humeur aqueuse ou simplement placé en avant de la fente du spectroscope, sur laquelle il concentre la lumière, ne laisse pas passer les rayons plus réfrangibles que la raie du magnésium $\lambda = 383$ (voisine de L du spectre solaire). Le cristallin du veau est un peu plus transparent et permet de distinguer les raies 9 et 10 du cadmium. Le cristallin du mouton, sans doute à cause de sa moindre épaisseur, transmet jusqu'à la raie 12 du cadmium (voisine de Q). Cette raie est plus facilement visible quand on reçoit sur la fente du spectroscope les rayons qui ont passé par les bords du cristallin.

La substance formant le cristallin est très différente des

[1] Brücke, *Müller's Archiv.*, 1845, p. 262; 1846, p. 379.

humeurs aqueuse et vitrée au point de vue de la transparence. Elle est incomparablement plus absorbante pour les rayons de grande réfrangibilité, qui sont complètement intercerptés par les coupes les plus minces que l'on puisse faire.

En plaçant un peu de la matière semi-fluide qui forme les couches extérieures du cristallin entre deux lames de quartz que l'on presse l'une contre l'autre, on n'arrive pas à distinguer les raies 22 et suivantes du cadmium. On remarque que la raie 17 n'est visible que si l'on comprime très fortement, tandis que les raies 18 et 20 sont plus faciles à percevoir. En délayant le cristallin dans l'eau on obtient une liqueur dont la courbe d'absorption diffère de celle de l'humeur aqueuse et se rapproche de celle du blanc d'œuf (Voyez le tableau B, p. 432 ; voir aussi plus loin *globuline*).

J'ai opéré aussi sur l'œil entier du bœuf et du mouton, en enlevant les membranes qui forment le fond du globe de manière à mettre à nu le corps vitré.

L'œil ainsi préparé est fixé avec des épingles à une plaque de liège percée d'un trou de dimension convenable ; on pose cette plaque sur le support de l'appareil à épaisseur variable à la place du vase VV (voyez la planche XI de mon précédent mémoire, *Archives* 1883, t. IX) ; on enlève la lentille de concentration L. L'œil ainsi placé, la cornée tournée en bas, reçoit la lumière partant du porte-étincelle, et jouant le rôle d'une lentille la concentre sur la fente du spectroscope. — En opérant ainsi je n'ai pu distinguer au delà de la raie du magnésium, $\lambda = 383$; les raies 9 et suivantes du cadmium sont interceptées.

Visibilité des rayons ultra-violets. — On voit d'après ce qui précède que les yeux du bœuf et du mouton absor-

bent à peu près tous les rayons ultra-violets, absorption due principalement au cristallin.

L'œil de l'homme, à l'état normal, est certainement sensible à des rayons plus réfrangibles que la raie du magnésium, $\lambda = 383$; la transmission s'étend au moins jusqu'à la raie Q du spectre solaire que l'on peut distinguer directement.

Il est peu probable que ce fait soit la conséquence d'une différence de constitution chimique entre les milieux de l'œil de l'homme et de l'œil du bœuf ou du mouton [1].

[1] Depuis que ces lignes étaient écrites, j'ai eu l'occasion de faire quelques observations sur l'œil humain, grâce à l'obligeance de M. le prof. Gosse, qui m'a remis les yeux entiers de trois sujets. Je donnerai avec quelque détail les résultats des observations sur le premier sujet; je serai plus bref sur les deux autres.

1° Homme âgé de 46 ans; cause du décès : alcolisme. Vingt-quatre heures après la mort, le cadavre a été injecté à la glycerine et l'acide phénique; l'ablation des yeux a été faite très vite (5 minutes), après l'injection, afin d'en éviter autant que possible la pénétration dans les milieux de l'œil. Il a été procédé à l'examen optique 38 ou 30 heures après le décès. — Ces conditions s'éloignent considérablement de l'état physiologique de l'œil vivant; j'ai obtenu cependant quelques résultats présentant de l'intérêt.

L'humeur aqueuse, d'ailleurs en quantité trop petite pour une observation complète, est un peu colorée (couleur chair); placée dans une petite auge en quartz de 1 centimètre d'épaisseur, elle ne transmet que les rayons ultra-violets les moins réfrangibles (limite entre 12 et 13); sous une épaisseur de 4^{mm} on voit jusqu'à 14. En diluant avec de l'eau le spectre s'étend jusqu'à la raie 22, qui est bien visible; les raies 18 et surtout 17 sont très affaiblies. Cette observation imparfaite montre cependant la persistance des propriétés principales de l'humeur aqueuse, bande d'absorption sur 17 et 18, et bande de transparence sur 22.

L'étude de l'humeur vitrée, dont la quantité est plus grande, a pu être faite plus complètement avec l'appareil à épaisseur variable; les chiffres sont consignés dans le tableau ci-dessous, que l'on peut comparer au tableau B donné plus haut. La bande d'absorption sur 17 et 18 et la bande de transparence sur 22, sont nettement

Mais il peut s'expliquer par les moindres dimensions de l'organe et particulièrement du cristallin qui, chez l'homme,

accusées. Pour la partie extrême du spectre, l'absorption est notablement plus grande qu'avec l'humeur vitrée normale, ce qui tient peut-être à la présence d'un peu d'acide phénique ou à quelque autre altération.

La cornée, visiblement altérée et très opaline, ne transmet pas de rayons plus réfrangibles que la raie 11.

Le cristallin, très sensiblement coloré en jaune, intercepte tout l'ultra-violet. Délayés dans de l'eau, les deux cristallins ont donné une solution qui, après filtration, présentait des propriétés d'absorption très analogues à celles des solutions de cristallins de bœuf. La proportion de matière desséchée correspondait à 2 gr. dans 1 litre de liquide. Les chiffres obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Raies.	Humeur vitrée.	Cristallin délayé.
Mg ($\lambda = 309$)	mm	Dépasse 34mm (presque éteint).
14	5,05	17,0
Mg ($\lambda = 293$)	4,6	10,7
16	2,35	2,45
17	0,97	5,9
18	1,05	8,95
20	1,0	8,83
22	2,55	1,42
24	0,85	0,62
25	0,35	0,37
26	0,27	0,30
27	0,07	0,05
28	0,05	0,02
29	0,02	0,02

2° Homme âgé de 65 ans; cause du décès : asphyxie par immersion. — Pas d'injection à l'acide phénique.

L'humeur vitrée recueillie 60 heures environ après le décès n'a pu être étudiée que 20 heures plus tard avec l'appareil à épaisseur variable. On observe toujours la bande d'absorption sur 17, et la bande de transparence sur 22 ; celle-ci est cependant moins prononcée qu'avec le sujet n° 1 ; de 26 à 29 l'absorption est moins énergique.

Le cristallin entier, observé 60 heures après la mort, est un peu jaunâtre et intercepte tous les rayons plus réfrangibles que la raie du magnésium, $\lambda = 383$.

n'a que 4 à 5 millimètres d'épaisseur tandis qu'il en a 8 à 9 chez le mouton.

Il se peut qu'il faille aussi faire entrer en ligne de compte la rapidité avec laquelle les milieux s'altèrent après la mort; nous en avons vu un exemple dans le cas de l'humeur aqueuse (échantillon n° 6) dont l'opacité augmente notablement quand, avant de l'extraire des yeux, on attend 24 heures depuis que l'animal a été abattu.

Tout en tenant compte de ces circonstances, je crois pouvoir conclure que l'absorption par l'ensemble des milieux de l'œil doit rendre impossible la perception de rayons dont la réfrangibilité dépasse celle des radiations extrêmes du spectre solaire soit de la raie U ($\lambda=294,8$).

Les recherches récentes que M. de Chardonnet[1] a effectuées par la méthode photographique sur les yeux de plusieurs espèces animales, l'homme y compris, l'ont conduit à une conclusion analogue.

Dans une seconde communication[2], M. de Chardonnet a fait connaître l'intéressante observation que les personnes privées du cristallin par l'opération de la cataracte

Les cristallins délayés ont donné des résultats analogues à ceux qui ont été obtenus avec le sujet n° 1.

3° Homme âgé de 45 ans; cause du décès : alcoolisme (épilepsie?). — Pas d'injection à l'acide phénique. — Observé 72 heures environ après la mort.

La cornée appliquée sur une lame de quartz laisse passer les radiations jusqu'à la raie 12 qui est très affaiblie.

Le cristallin, moins jaunâtre que ceux des sujets précédents est aussi moins absorbant; on arrive à distinguer la double raie du zinc comprise entre 11 et 12 du cadmium.

En résumé, ces résultats, quoique imparfaits, tendent à prouver que les milieux de l'œil de l'homme, au point de vue de l'absorption, sont identiques à ceux du bœuf et du mouton.

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* du 12 février 1883.

[2] *Comptes rendus* du 19 février 1883.

perçoivent plus facilement les rayons ultra-violets, et que, jusqu'à la raie solaire S tout au moins, la rétine est sensible à ces radiations.

A propos de cette dernière communication, M. Mascart[1] a rappelé ses anciennes expériences sur la visibilité des rayons ultra-violets et, en particulier, le fait que certaines personnes peuvent distinguer directement des radiations beaucoup plus réfrangibles encore (raies 24 ou 25 du cadmium). Ce fait est difficile à concilier avec les résultats de M. de Chardonnet et les miens. Comment l'absorption très énergique du cristallin n'intercepte-t-elle pas ces rayons ?

Il est sans doute possible de supposer une différence de composition chimique entre des yeux différents ; mais cette hypothèse est très peu probable, car c'est à la substance albuminoïde (globuline), formant la masse même du cristallin qu'est due la grande opacité de ce milieu pour les rayons extrêmes.

Est-ce, comme l'indique M. Mascart, que la rétine est un organe si délicat qu'elle peut encore être sensible à des radiations assez faibles pour échapper à l'absorption ? Pour m'en rendre compte, j'ai fait une expérience que je demande la permission de relater, et qui ne m'a pas donné un résultat favorable à cette explication.

Je dirige sur la fente d'un spectroscope un faisceau de lumière produite par l'étincelle d'induction avec des électrodes de magnésium. Entre la source de lumière et le spectroscope, je dispose un appareil de polarisation permettant d'affaiblir l'intensité à volonté. J'ajuste la lunette sur la raie du magnésium ($\lambda = 383$) voisine de L du

[1] *Comptes rendus* du 26 février 1883.

spectre solaire. J'aperçois facilement cette raie par vision directe. En faisant tourner le polariseur, je diminue l'intensité jusqu'au point où je cesse de distinguer cette raie. Alors, sans rien changer au reste de l'appareil, j'enlève l'oculaire ordinaire du spectroscope et je le remplace par l'oculaire fluorescent à lame d'esculine. J'aperçois de nouveau, et très facilement, la raie du magnésium. La sensibilité de la rétine recevant directement cette radiation est donc inférieure à celle que l'on atteint avec l'oculaire fluorescent.

Comme on pourrait penser que cette infériorité de la vision directe tient à une exagération du pouvoir absorbant, que l'âge amène souvent dans le cristallin, j'ai prié mon fils de répéter l'expérience. Il a obtenu le même résultat que moi avec la raie du magnésium, $\lambda = 383$; il l'a obtenu encore avec la double raie du zinc comprise entre 11 et 12 du cadmium (que je ne réussis pas à apercevoir directement).

Ainsi il y a une région du spectre, s'étendant depuis le violet extrême jusqu'à Q du spectre solaire, composée de radiations qui ne sont pas notablement absorbées par les milieux de l'œil à l'état normal, et pour laquelle la sensibilité de la rétine est très inférieure à celle que donne l'oculaire fluorescent. On ne peut guère supposer que ce soit l'inverse qui se produise pour les rayons plus réfrangibles encore, lesquels sont énergiquement absorbés par le cristallin.

Sans doute on peut supposer que, pour certains sujets qui distinguent directement les rayons extrêmes, la rétine soit exceptionnellement sensible; mais il serait bon de s'en assurer en leur faisant répéter l'expérience dont je viens de parler.

Il n'est pas impossible qu'il faille chercher dans les phé-

nomènes de fluorescence l'explication des faits rapportés par M. Mascart, et ce point devra être l'objet d'une attention spéciale dans les observations nouvelles que l'on ne manquera pas de faire sur ce sujet.

On sait que la cornée et le cristallin sont fluorescents; cette propriété peut être plus développée chez certains individus, qui, par suite, percevront une lueur, plus ou moins vague suivant les cas, sous l'influence des rayons de haute réfrangibilité. J'obtiens facilement un résultat analogue en opérant avec un spectroscope dont toutes les lentilles sont en quartz et le prisme en spath d'Islande, lorsque je place devant mon œil un simple lorgnon en verre, substance qui est très fluorescente pour les rayons extrêmes, comme M. Sarasin l'a observé[1]. J'aperçois une lueur chaque fois que, en déplaçant la lunette du spectroscope, je l'amène à passer sur une des raies 22 à 26 du cadmium. Une fluorescence un peu énergique de la cornée produirait le même effet.

Nature de la substance absorbante contenue dans les humeurs aqueuse et vitrée. — J'ai cherché à reconnaître

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1878, t. LXI, p. 113. — M. Sarasin a reconnu que l'on peut voir facilement les raies extrêmes du cadmium en employant un spectroscope dont le prisme et les lentilles collimatrice et objective sont en quartz, tandis que l'oculaire est en verre ordinaire, surtout si l'on incline un peu cet oculaire sur l'axe de la lunette, pour n'être pas gêné par la lumière diffuse. Dans ces conditions, la première lentille de l'oculaire fonctionne à peu près comme la lame d'esculine de l'oculaire fluorescent, et, si elle est amenée au foyer de l'objectif, l'œil peut distinguer les raies avec une netteté à peu près parfaite. J'ignore si un oculaire en spath d'Islande, qui est légèrement fluorescent, peut produire un effet analogue. En tout cas, dans des observations futures, on ne devra pas non plus perdre de vue la possibilité de la fluorescence de l'oculaire.

quelle est la substance qui produit le spectre d'absorption des humeurs aqueuse et vitrée, et quoique jusqu'ici je ne sois pas parvenu à la déterminer, je suis arrivé à des résultats qui me paraissent présenter de l'intérêt.

J'avais présumé d'abord qu'elle devait appartenir au groupe des corps albuminoïdes; mais une étude plus complète du sujet m'a porté à rejeter cette hypothèse. En effet l'examen des substances albuminoïdes, qui fera l'objet du chapitre suivant du présent mémoire, prouve que leur spectre diffère essentiellement de celui de l'humeur aqueuse dans laquelle, d'ailleurs, la présence d'albumine est contestée par plusieurs auteurs.

La substance absorbante en question doit être cristalloïde : c'est ce que montre l'expérience suivante, qui fournit en même temps des indications sur son origine.

On prend une douzaine de cristallins de bœuf, on les broie avec du sable et 150^{cc} à 200^{cc} d'eau, on passe au travers d'un linge, et l'on verse le liquide, qui contient une forte proportion de globuline, dans un dialyseur flottant sur de l'eau distillée. Au bout de vingt-quatre heures, on arrête l'opération et l'on rapproche l'eau extérieure, dans laquelle se sont répandus les corps cristalloïdes. Le spectre ultra-violet du liquide ainsi obtenu présente une grande analogie avec celui de l'humeur aqueuse : la bande d'absorption sur les raies 17 et 18 du cadmium et la bande de transparence sur 22 sont nettement accusées. Ce maximum et ce minimum sont toutefois moins prononcés que dans l'humeur aqueuse ; mais cette atténuation est l'effet ordinaire qui se produit lorsqu'à une substance caractérisée par une bande obscure, on ajoute quelque autre substance absorbante n'ayant rien d'électif; on peut donc l'attribuer aux impuretés résultant de la manipulation.

La quantité de matière que l'on obtient par l'évaporation complète du liquide préparé dans une seule opération, est trop faible pour qu'on puisse la purifier et l'analyser [1].

Il est très probable, d'après cette expérience, que la substance absorbante dont il est ici question se forme dans le cristallin, d'où elle se répand par dialyse, soit dans l'humeur aqueuse, soit dans l'humeur vitrée. Sa présence contribue à rendre le cristallin opaque pour les rayons ultra-violets très réfrangibles, car elle arrête ceux que la globuline laisse le mieux passer (raie 18), sans toutefois laisser masquer complètement la bande d'absorption caractéristique de ce dernier corps.

J'ai étudié un assez grand nombre de corps dont la présence dans les humeurs aqueuse et vitrée peut être soupçonnée avec plus ou moins de probabilité ; aucun d'eux ne m'a donné un spectre semblable à celui de ces humeurs. La sarcine alcalinisée à la soude présente bien quelque analogie, mais j'ai des raisons de douter de son identité avec la substance recherchée.

Les résultats obtenus dans cette série de corps seront exposés dans un chapitre suivant.

Étude des substances albuminoïdes.

Au début de mes observations sur les milieux de l'œil, j'avais examiné comme terme de comparaison le spectre

[1] M. le prof. Denis Monnier, qui a eu la complaisance de l'examiner, a reconnu qu'elle cristallise en aiguilles analogues à celles de la leucine, de la tyrosine, etc. La préparation, assez difficile à répéter pendant la saison chaude, sera reprise plus en grand cet hiver ; M. Monnier a bien voulu me promettre d'en faire l'étude chimique.

d'absorption de l'albumine ou plus exactement du blanc d'œuf étendu d'eau [1] et j'avais trouvé qu'il est caractérisé par une bande d'absorption coïncidant avec la raie 17 du cadmium, suivie d'une bande de transparence sur 18, après laquelle l'opacité augmente rapidement. — J'ai depuis lors entrepris une étude plus complète des diverses substances albuminoïdes, bien que les difficultés de préparation de ces corps laisse peu d'espoir de les obtenir à l'état de pureté. Dans ces recherches j'ai été secondé successivement par deux chimistes qui ont bien voulu me prêter leur précieux concours.

J'ai d'abord examiné une série de produits dérivés de l'albumine de l'œuf, préparés par M. A. Danilewsky, dont les travaux sur ces substances sont bien connus [2]. — Tous ces produits, à un état de concentration indéterminé pour la plupart d'entre eux, ont accusé d'une manière plus ou moins marquée la bande d'absorption que j'avais observée sur le blanc d'œuf; je n'ai rencontré qu'une seule exception qui, très probablement, est plus apparente que réelle. — Chez le plus grand nombre des solutions étudiées la transparence est plus grande pour la raie 18 que pour la raie 17 ; la bande se manifeste donc d'une manière positive; mais chez quelques-unes il se produit seulement une inflexion de la courbe qui, décroissante dans la partie relativement peu réfrangible du spectre, s'infléchit dans le voisinage de la raie 17, pour reprendre ensuite sa marche rapidement décroissante à partir de

[1] Voyez *Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences*, t. LXXXVIII, p. 1012.

[2] Voyez en particulier *Archives*, 1881, t. V, p. 305 et 431; 1882, t. VII, p. 150 et 425.

18. Les liquides qui présentent ce dernier caractère sont colorés en jaune ou en brun ; il est évident que l'on n'est pas ici en présence d'une substance unique. Or comme je l'ai fait voir dans mon précédent mémoire, lorsqu'à une solution donnant une bande d'absorption on ajoute d'autres substances dont l'absorption est croissante avec la réfrangibilité, le mélange peut ne plus manifester de bande, dans le sens propre du mot, mais seulement une inflexion de la courbe.

Nous allons exposer brièvement les résultats obtenus : résumons d'abord les observations qui ont été faites sur le blanc d'œuf.

Blanc d'œuf. — Sous une épaisseur de 10^{mm}, cette substance lorqu'elle n'est pas étendue d'eau intercepte tous les rayons plus réfrangibles que la raie U du spectre solaire, au delà l'opacité est trop grande pour permettre les mesures.

Si on dilue le blanc d'œuf dans son volume d'eau, on observe que la transparence est très grande jusqu'à la raie 12, laquelle est encore visible au travers d'une couche de 56^{mm} d'épaisseur; la limite de transparence tombe à $1^{mm},1$ pour la raie 17; elle remonte à 1,5 pour 18 et devient 0,8 pour 22. Ainsi, malgré le grand pouvoir absorbant de ce liquide, le minimum de transmission sur 17 est nettement accusé.

En diluant davantage, la courbe est plus facile à déterminer, mais il faut remarquer que la liqueur devient opaline (sans fluorescence appréciable). On sait d'ailleurs que quelques-unes des propriétés du blanc d'œuf sont modifiées par l'addition d'eau. Il faut donc s'attendre à une variation concomitante de la transparence, et dans le fait

les chiffres obtenus montrent que jusqu'à un certain degré de dilution, l'épaisseur d'extinction n'est pas en raison inverse de la concentration.

Le tableau C (à la page suivante) contient les chiffres qui ont été trouvés avec différents échantillons à des états de concentration divers, y compris une dissolution obtenue en ajoutant d'abord deux volumes d'eau, en précipitant l'albumine par l'acide chlorhydrique et en redissolvant dans un excès d'acide.

Un coup d'œil jeté sur ces chiffres ou sur les courbes données dans la planche VII, montre que pour le blanc d'œuf simplement étendu d'eau, l'épaisseur qui éteint la raie 17 est un peu plus de la moitié de l'épaisseur qui intercepte 18; le rapport, que je désignerai pour abréger par rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$, varie entre 0,50 et 0,60 (l'échantillon n° 1 étendu d'un volume d'eau seulement, et l'échantillon coloré n° 4 font exception). Le rapport $\left[\frac{18}{22}\right]$ est beaucoup plus variable[1].

Pour le blanc d'œuf précipité et redissous par l'acide chlorhydrique, le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ atteint 0,67; d'ailleurs la liqueur acide est généralement un peu plus transparente que la simple solution aqueuse au même degré de dilution.

On remarque des différences sensibles suivant les échantillons, surtout en ce qui concerne les valeurs absolues. — Lorsque le liquide est un peu coloré, l'absorption est plus grande, particulièrement pour les raies peu réfrangibles de 13 à 17 (comparez les échantillons n°s 4 et 6). — Il y a des différences aussi, suivant le mode de

[1] J'ai insisté dans mon précédent mémoire sur ces rapports des ordonnées correspondant à diverses raies du spectre.

Tableau C. — **Blanc d'œuf.**

	N° 1.			N° 2.		N° 3.		N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.
Quantité d'eau ajoutée.	1 vol.	5 vol.	59 vol.	2 vol.	2 vol. avec H Cl.	5 vol.	5 vol. même liquide observé le lendemain.	5 vol. coloration brunâtre.	2 vol. passé dans un linge.	5 vol. liquide très incolore.	9 vol. passé dans un linge.
Raies. 12	mm Dépasse 56	—	mm Dépasse 100	mm Dépasse 75	mm Dépasse 83	—	mm Dépasse 75	mm Dépasse 60	—	mm Dépasse 50	—
13	—	—	—	—	—	—	—	mm 5,9	—	mm 46,0	mm Dépasse 60
Mg ($\lambda = 309$)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	mm 50,0
14	—	—	—	—	—	mm 5,0	mm 6,4	4,15	mm 1,45	7,7	8,5
Mg ($\lambda = 293$)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,0
16	—	—	—	—	—	1,2	1,7	—	0,35	2,3	—
17	mm 1,1	mm 1,65	mm 19,0	mm 1,2	mm 2,1	1,9	1,85	2,05	0,6	2,3	3,02
18	1,5	3,3	34,8	2,3	3,2	2,7	2,92	3,0	0,95	3,82	5,87
20	—	—	34,8	—	—	—	2,3	2,9	0,3	2,65	4,6
22	0,8	0,25	3,45	0,3	0,5	0,15	0,2	0,18	0,06	0,27	0,5
24	—	0,1	1,95	0,25	0,3	0,05	0,1	0,11	Insensible.	0,15	0,2
25	—	Insensible.	1,5	0,2	0,25	Insensible.	Insensible.	0,03	»	0,08	0,05
26	—	»	1,05	0,1	0,2	»	»	Insensible.	»	0,06	0,02
27	—	—	0,8	—	—	—	»	»	»	Insensible.	Insensible.
28	—	—	0,5	—	—	—	»	»	»	»	»
29	—	—	0,3	—	—	—	»	»	»	»	»

préparation; le liquide est moins opaque si l'on se borne à étendre d'eau la partie la plus fluide du blanc d'œuf, que si l'on effectue le mélange après avoir passé le blanc d'œuf dans un linge, ce qui facilite la dissolution des parties les moins fluides plus riches en albumine (comparez les échantillons 2 et 5).

L'*albumine* β, dissoute dans l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, a donné une courbe d'absorption qui a une grande ressemblance avec celle du blanc d'œuf acidifié. Le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ est de 0,63. — La bande d'absorption paraît un peu plus large, son centre coïncide avec la raie 16 (voyez Pl. VIII)[1].

La *Protalbine* et la *Protalbine artificielle* dissoutes dans l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique se sont comportées à peu près de même, sauf que le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ est de 0,51 (Pl. VIII).

La *Pepsino pseudo-peptone* se rapproche du blanc d'œuf acidifié. — Cependant chez un échantillon de ce produit assez dilué, la bande d'absorption est moins marquée; le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ s'élève à 0,86 (Pl. VIII).

Avec la *pancro-pseudo-peptone* la bande d'absorption subsiste encore, mais elle est beaucoup moins accentuée, le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ étant de 0,93 (Pl. VIII). Dans une dissolution étendue de ce produit la bande ne s'est manifestée que par une inflexion de la courbe; il en a été de même de la *pancro-peptone* très diluée (Pl. IX).

Trois autres produits désignés sous les noms de groupe du *biuret*, groupe *intermédiaire* (très dilué) et groupe

[1] Pour ce produit et les suivants, dont la concentration n'a pas été déterminée, je ne cite pas les chiffres obtenus; les planches y suppléeront suffisamment.

mélanique (très dilué), ont donné les résultats suivants. Dans le premier groupe, la bande sur 17 est très peu marquée (rapport $\left[\frac{17}{18}\right]=0,97$); dans la deuxième la bande est plus prononcée (rapport $\left[\frac{17}{18}\right]=0,92$), mais elle semble s'élargir du côté le moins réfrangible, son centre se trouvant entre 16 et 17; dans le troisième groupe l'élargissement de la bande, qui d'ailleurs est très peu marquée, devient beaucoup plus considérable; la courbe très rapidement décroissante dans la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet, s'infléchit brusquement entre les raies 9 et 10 et devient presque parallèle à l'axe des abscisses jusqu'à la raie 18 à partir de laquelle elle reprend sa marche rapidement décroissante (Pl. IX [1]).

En dernier lieu on a examiné deux produits fortement colorés en brun et désignés l'un comme *présentant les réactions du biuret*, l'autre comme *ne les présentant pas*. La courbe du premier de ces produits subit entre les raies 17 et 18 une inflexion analogue à celle de quelques-unes des solutions précédentes. La courbe du second produit ne donne pas cette inflexion; c'est dans le groupe des albuminoïdes le seul des corps mentionnés jusqu'ici qui ne conserve pas la trace de la bande caractéristique sur la raie 17 [2]. — Dans les courbes de ces deux derniers produits, courbes que je crois inutile de reproduire, on

[1] L'épaisseur d'extinction des raies 17 et 18 dépassant 10^{mm} pour la solution du groupe *intermédiaire* et celle du groupe *mélanique*, qui sont très diluées, les courbes correspondant à ces produits ont été divisées en deux parties dans la planche. Pour celles de ces parties qui se rapportent à la partie la moins réfrangible du spectre, les ordonnées sont diminuées de 100 divisions (soit de 10^{mm}).

[2] Je n'attache pas une grande importance à cette exception, qui porte sur un produit fortement coloré et résultant de manipulations compliquées.

remarque d'autres inflexions provenant probablement de la matière colorante brune qui y est contenue.

M. le prof. Denis Monnier a bien voulu examiner avec moi une série de produits comprenant d'autres albumines que celle de l'œuf. Nous allons donner quelques indications sur leur préparation et sur la manière dont ils se sont comportés; nous réunirons ensuite dans un même tableau les résultats numériques obtenus.

Albumine. — N° 1. Une première dissolution a été préparée de la manière suivante. L'albumine sèche du blanc d'œuf a été dissoute, traitée par l'acide carbonique, filtrée, dialysée et filtrée de nouveau. — La dissolution contenait 37^{gr} d'albumine sèche dans un litre. Ce produit s'est comporté comme le blanc d'œuf, sauf que l'opacité est plus grande pour la partie extrême du spectre à partir de 22. Le rapport $[\frac{17}{18}]$ est de 0,50. La courbe est donnée à l'échelle de 10$^{div.}$ pour 1 millimètre dans la Pl. X, et à l'échelle de 1$^{div.}$ pour 1 millimètre dans la Pl. XIII.

N° 2. — On a examiné une autre albumine très pure préparée en 1864 par le procédé de M. Wurtz, puis dissoute dans l'eau distillée, dyalisée et desséchée à 35°; elle ne donne pas de cendres par l'incinération. — Une dissolution de cette substance (concentration indéterminée) s'est comportée à peu de chose près comme le produit précédent (Pl. X).

Caséine. — Du lait écrêmé a été coagulé à 50° par quelques gouttes d'acide acétique; la caséine a été exprimée sur une toile, lavée avec soin à l'eau, puis épuisée successivement par l'alcool et l'éther pour enlever la plus grande partie de la matière grasse. Dissoute dans l'ammo-

niaque avec peu d'eau, elle donne une solution visqueuse qui, étendue sur des lames de verre, laisse après dessiccation une masse soluble. La solution de la substance étant un peu louche, on l'a précipitée par l'alcool; le précipité a été traité à plusieurs reprises par l'éther.

La dissolution contenait finalement dans un litre 6gr,5 de caséine (avec le chlorure de sodium); il restait une trace d'éther.

La courbe d'absorption présente une grande ressemblance avec celle du blanc d'œuf étendu d'eau aiguisée d'acide chlorhydrique; le rapport $[\frac{17}{18}]$ s'écarte peu de 0,69[1] (Pl. X).

Sérine. — La sérine a été extraite du sang de porc par l'éther; la solution filtrée contenait 10gr,5 de sérine sèche par litre. Il restait une trace d'hémoglobine, dont le spectre était sensible sous 10 centimètres d'épaisseur, et qui diminue un peu la transparence pour les raies les moins réfrangibles.

La courbe est très analogue à celle des produits précédents (rapport $[\frac{17}{18}]=0,50$). La même dissolution étendue de son volume d'eau se comporte de même, la limite de transparence se trouvant partout sensiblement doublée (Pl. XI et XIII).

Mucine. — Un bouillon d'escargot (*Helix pomatia*) a été traité par l'acide acétique, le précipité lavé à l'alcool

[1] La valeur de ce rapport doit être un peu altérée par suite de l'emploi d'ammoniaque dans la préparation. En effet, comme je l'ai montré dans mon précédent mémoire, ce réactif contient habituellement un peu de picoline qui est caractérisée par une bande d'absorption sur 18 et 20. — Le chiffre observé avec la caséine pour la raie 18 doit donc être un peu trop faible. — L'influence de cette impureté de l'ammoniaque se manifeste très nettement sur la caséine alcalinisée à la soude, comme nous le verrons plus loin.

et l'eau, et dissous dans l'eau de chaux. — La concentration n'a pas été déterminée.

Avec ce produit la bande d'absorption est élargie : du côté le moins réfrangible elle s'étend au delà de la raie 14 qui s'éteint un peu avant 17. Le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ est de 0,55 (Pl. XI).

Globuline — N° 1. — On a broyé avec du sable des cristallins de bœuf; la masse a été épuisée par l'eau distillée, le liquide a été filtré, dialysé et filtré de nouveau. La solution finale contenait 7^{gr} de matière sèche par litre.

Ce produit est beaucoup plus absorbant que l'albumine, la caséine ou la sérine; ainsi l'épaisseur qui intercepte la raie 18 est de $2^{mm},8$ pour la solution qui contient seulement 7^{gr} de globuline dans un litre, tandis qu'elle est de $2^{mm},2$ pour la solution qui contient 37^{gr} d'albumine.

La courbe de la globuline (Pl. XII) est encore de forme analogue à celle de l'albumine, mais avec quelques différences. Le minimum de transparence est rejeté sur la raie 16 à partir de laquelle la transparence augmente jusqu'à 18. Le rapport $\left[\frac{16}{17}\right]$ est de 0,33; le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ est de 0,50. — Nous reviendrons plus tard sur ce point.

Lorsque la globuline a été desséchée, elle se redissout très peu dans l'eau pure. Dans une dissolution de ce genre naturellement beaucoup plus transparente que la précédente, il ne s'est manifesté qu'une inflexion dans la courbe.

Mais en prenant de la globuline desséchée (provenant du laboratoire H. Sittel, à Heidelberg), en la dissolvant avec addition de soude et en neutralisant avec de l'acide chlorhydrique, on a vu réapparaître la bande d'absorption sur 17. La solution qui contenait $5^{gr},75$ de globuline dans un litre (N° 2), était beaucoup plus trans-

parente que l'échantillon précédent, et le maximum d'absorption coïncidait, non plus avec 16, mais avec 17 comme pour l'albumine. Le rapport $[\frac{17}{18}]$ est de 0,63 (Pl. XII).

J'ajoute encore ici le résumé des observations faites sur des corps se rapprochant des précédents.

Myosine. — Cette substance a été préparée par M. Danilewsky de la manière suivante. De la viande de veau a été hachée, lavée à l'eau, pressée à la main, puis de nouveau mise dans l'eau et partagée en deux parties à peu près égales. A l'une de ces parties on a ajouté de l'acide chlorhydrique dilué jusqu'à ce que la réaction fût fortement acide ; puis les deux parties ont été mélangées l'une avec l'autre. Après quelques heures on a passé la matière sur la toile, puis jeté le liquide sur plusieurs filtres; on a neutralisé avec de la soude en conservant finalement une très faible réaction acide. Le dépôt recueilli sur un filtre a été redissous dans une grande quantité d'eau aiguisée de 0,5 à 1 p. °/₀ d'acide chlorhydrique, et l'on a filtré de nouveau.

La solution contenait $7^{gr},5$ de myosine desséchée dans 1 litre.

La courbe d'absorption de la myosine est analogue à celles des autres corps albuminoïdes; la bande sur 17 est bien marquée. Le rapport $[\frac{17}{18}]$ est de 0,59 (Pl. XI). Mais la transparence générale est moindre que celle de l'albumine, ce qui provient peut-être de la fluorescence violette que présente cette substance.

Sintonine. — Un quart de litre du précédent produit a été converti en sintonine en le chauffant à l'ébullition avec addition d'acide chlorhydrique; le volume a été ramené

à 300^{cc}; il contenait par conséquent $6^{gr},2$ de sintonine par litre.

La courbe présente les mêmes caractères que celle de la myosine; toutefois la bande de transparence est rejetée un peu au delà de 18. Le rapport $\left[\frac{17}{18}\right]$ est de 0,68 (Pl. XI).

La substance présente comme la myosine une fluorescence violette.

Gélatine. — On a dissout dans l'eau chaude de la belle gélatine anglaise dans la proportion de 4^{gr} dans 1 litre; le produit, resté liquide après le refroidissement, a manifesté une *transparence beaucoup plus grande* que les substances albuminoïdes précédemment étudiées, sauf pour les raies les plus réfrangibles à partir de 24. La bande d'absorption sur 17 ne se manifeste pas : tout au plus remarque-t-on entre les raies 16 et 18 une très légère inflexion qu'il serait exagéré de considérer comme caractéristique de la gélatine; peut-être provient-elle d'une trace de quelque autre substance albuminoïde.

La courbe est donnée à l'échelle de $10^{div.}$ par millimètre dans la planche XI et à l'échelle de $1^{div.}$ par millimètre dans la planche XIII.

On voit que la gélatine, qui d'ailleurs s'écarte de l'albumine par plusieurs caractères chimiques, *se sépare complètement des produits précédents par ses propriétés de transparence.*

Le tableau D suivant contient les chiffres obtenus sur les substances que nous venons de passer en revue.

TABLEAU D. — **Substances albuminoïdes.**

Poids dans 1 litre.	gr. 37,0	?	6,5	10,5	5,25	?	7,0	5,75	7,5	6,2	4,0
Substances	Albumine N° 1.	Albumine N° 2.	Caséine.	Sérinė.	Sérine.	Mucine.	Globuline N° 1.	Globuline (desséchée) N° 2.	Myosine.	Sintonine.	Gélatine.
Raies. 9	—	—	—	Dépasse 73 mm	—	—	38,4 mm	—		—	—
10	66,3 mm	—	—	73,0 (?)	—	—	—	—	Dépasse 70 mm	—	—
12	39,7 (?)	—	72,0 mm	63 (?)	—	8,0 mm	13,05	38,15 mm	42,0	—	Dépasse 75 mm
Mg (λ = 309)	—	—	—	—	—	—	—	27,35	—	—	—
14	3,1	5,2 mm	—	9,65	20,7 mm	0,7	3,85	22,25	8,9	11,0 mm	66,5
Mg (λ = 293)	—	—	—	—	—	—	—	19,95	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	0,85	—	—	—	—
17	1,02	2,07	7,9	3,0	6,4	1,15	1,42	4,4	2,85	3,55	53,9
18	2,02	3,87	11,4	6,45	12,35	2,1	2,8	7,0	4,87	4,85	38,3
20	—	—	10,0	5,9	—	—	—	5,5	4,3	5,2	29,2
22	0,05	0,4	2,20	0,75	1,6	1,0	0,3	1,4	0,4	0,9	4,15
24	0,02	0,25	1,05	0,35	1,0	—	0,1	0,7	0,1	0,5	1,5
25	Insensible.	0,15	0,7	0,15	—	—	0,05	0,35	Insensible.	0,25	0,7
26	»	0,1	0,4	0,1	0,35	—	0,02	0,3	»	0,02	0,4
27	—	—	0,25	0,02	—	—	—	—	»	Insensible.	0,2
28	—	—	0,1	Insensible.	—	—	—	—	»	»	0,2
29	—	—	0,02	»	—	—	—	—	»	»	0,15

En résumé (à l'exception de la gélatine et du produit de M. Danilewsky désigné comme « ne présentant pas la réaction du biuret, » c'est-à-dire de corps s'écartant déjà beaucoup du type de l'albumine), *toutes les substances albuminoïdes qui ont été examinées sont caractérisées par la même bande d'absorption coïncidant avec la raie 17 du cadmium, suivie d'une bande de transparence sur la raie 18.*

Ce fait semble clairement indiquer la présence dans toutes ces substances d'un *principe commun*, en combinaison plus ou moins complexe avec d'autres substances qui pour la plupart du temps sont relativement transparentes.

Souvent les produits contiennent en outre, à l'état de mélange, d'autres substances absorbantes qui modifient la forme de la courbe d'absorption sans masquer complètement la présence du principe dont nous venons de parler.

Ce n'est pas à ce principe que l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée doivent leurs propriétés, puisque la bande d'absorption et la bande de transparence sont dans des positions notablement différentes.

Action de la soude sur les substances albuminoïdes.

Nous avons vu que l'acide chlorhydrique n'altère pas sensiblement les propriétés d'absorption de l'albumine; tout au plus en augmente-t-il un peu la transparence.

Au contraire, l'addition de soude caustique modifie profondément le spectre de ces substances; c'est ce que nous avons reconnu, M. Danilewsky et moi, en opérant sur le blanc d'œuf. Ainsi en ajoutant quelques goutes de soude

à du blanc d'œuf étendu de deux fois son volume d'eau (N° 2), nous avons trouvé que la bande de transparence sur 18 disparaît complètement; l'absorption n'est pas sensiblement modifiée pour la raie 17, non plus que pour la partie extrême du spectre de 22 à 26 ; pour les radiations moins réfrangibles que 17 la transparence est affaiblie.

Une autre portion du même blanc d'œuf étendu de deux volumes d'eau a été d'abord additionnée d'acide chlorhydrique, puis traitée à lasou de : le même fait de disparition de la bande de transparence s'est reproduit; cependant l'action de la soude a été un peu moins complète entre 20 et 22, et la transparence est devenue un peu plus grande entre 22 et 26.

D'autres échantillons ont donné des résultats analogues ; l'ammoniaque produit le même effet.

Les chiffres obtenus sont consignés dans le tableau E ci-contre.

Les courbes correspondant à ces chiffres pour quelques-uns des échantillons sont tracées dans la planche VII (courbes pointillées).

Lorsqu'on neutralise la soude avec de l'acide chlorhydrique. La solution reprend à peu de chose près sa transparence primitive, en sorte que la bande d'absorption est rétablie.

Plusieurs autres produits de M. Danilewsky, sous l'influence de la soude, se sont comportés de la même manière que le blanc d'œuf.

Le même fait se reproduit quand on opère sur les autres substances albuminoïdes, comme nous l'avons constaté avec M. D. Monnier : nous avons constamment reconnu la diminution considérable de la transparence

Tableau E. — **Blanc d'œuf alcalinisé.**

N° des échantillons.	Addition de soude.						Addition d'ammoniaque.
	N° 2.		N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.	N° 7.
Quantité d'eau ajoutée.	2 vol.	2 vol. avec H Cl.	5 vol. coloration brunâtre.	2 vol. passé dans un linge.	5 vol. liquide très incolore.	9 vol. passé dans un linge.	9 vol. passé dans un linge.
Raies 9	Dépasse 75 mm	Dépasse 86 mm					
12	30,8	37,8	Dépasse 73 mm	Dépasse 47 mm	Dépasse 50 mm	Dépasse 50 mm	—
13	—	—	9,4	5,5	13,45	—	
Mg ($\lambda = 309$)	—	—	—	—	—	20,1	39,0 mm
14	—	—	2,5	0,7	4,75	3,1	—
Mg ($\lambda = 293$)	—	—	—	—	—	5,0	5,85
16	—	—	0,9	—	—	—	—
17	1,1	2,0	2,1	1,2	2,75	3,15	3,1
18	0,5	1,15	1,15	0,35	1,72	2,95	2,7
20	—	—	0,5	—	0,85	2,0	—
22	0,25	0,8	0,22	0,05	0,40	0,57	0,4
24	0,25	0,5	0,08	I sensible.	0,26	0,2	0,15
25	0,2	0,3	0,02	»	0,22	0,05	—
26	0,2	0,25	Insensible.	»	0,17	0,02	—

Les chiffres obtenus avec les mêmes échantillons avant l'addition d'alcali ont été consignés dans le tableau C.

pour la raie 18 chez les produits que nous avons examinés à ce point de vue; mais il s'est manifesté dans les courbes quelques particularités que je vais décrire brièvement.

Avec l'*albumine n° 1*, l'addition de 1cc de soude caustique (1cc = 0gr,02 de NaOH) a fait presque complètement disparaître la bande brillante sur 18; en ajoutant encore 1cc de soude il ne s'est pas produit de modification ultérieure. En neutralisant et acidifiant la liqueur avec de l'acide chlorhydrique, la transparence est sensiblement revenue à ce qu'elle était avant l'addition de soude.

Sur *l'albumine n° 2* la bande brillante sur 18 a disparu après l'addition de soude, la transparence a un peu augmenté pour 17, mais elle a notablement diminué pour la raie 14, un peu au delà de laquelle se trouve une bande d'absorption peu accentuée, tandis que 17 correspond à un maximum de clarté.

Le tableau F donne les chiffres obtenus avec les deux produits :

TABLEAU F.

RAIES	Albumine N° 1. Avant l'addition de soude.	Albumine N° 1. Après l'addition de soude.	Albumine N° 1. Acidifiée avec H Cl.	Albumine N° 2. Avant l'addition de soude.	Albumine N° 2. Après l'addition de soude.	Albumine N° 2. Acidifiée par H Cl.
	mm	mm	mm			
10	66,3	56,8	63,8	—	—	—
12	39,7 (?)	26,75	28,9	—	mm	mm
Mg (λ = 309)	—	—	—	mm	6,5	Dépasse 13
14	3,1	1,3	3,2	5,2	2,05	—
Mg (λ = 293)	—	—	—	—	2,4	5,3
17	1,02	1,05	1,05	2,07	2,7	—
18	2,02	1,1	2,4	3,87	1,45	3,5
22	0,05	0,3	0,05	0,4	0,55	0,3
24	0,02	—	—	0,25	—	—
25	Insensible.	—	—	0,15	0,25	—
26	»	—	—	0,1	0,15	—

Les courbes pointillées de la planche X correspondent à ces solutions après l'addition de soude.

Sur la *caséine* l'action de la soude ne modifie pas sensiblement la transparence pour 17, elle la diminue beaucoup pour 18 ainsi que pour 20 qui correspond à une légère bande d'absorption; sur 22 se présente un petit maximum d'éclat; la transparence n'est pas modifiée de 22 à 29. — Je n'ai aucun doute que cette bande d'absorption ne provienne de l'ammoniaque qui a servi à la préparation de ce produit et qui devait contenir un peu de picoline.

En neutralisant la liqueur par l'acide chlorhydrique et en rajoutant seulement la quantité de soude nécessaire pour redissoudre le précipité, la solution reprend sa transparence primitive.

Il serait inutile de citer les chiffres observés ; on peut les déduire de la courbe pointillée qui représente les résultats (Pl. X).

Pour la *sérine* étendue d'eau (5gr,25 dans un litre) l'addition de soude fait disparaître la bande brillante sur 18 ; il ne reste qu'une légère inflexion sur 17 (Pl. XI). — En neutralisant et acidifiant avec l'acide chlorydrique, la transparence est ramenée à l'état primitif.

La *myosine* donne lieu à des phénomènes analogues (Pl. XI); mais lorsqu'on neutralise par l'acide chlorydrique la liqueur alcalinisée, on obtient plus de transparence qu'avant l'addition de soude, ce qui provient sans doute de ce que la solution a perdu de son opalescence et de sa fluorescence.

L'action produite sur le *sintonine* ressort de l'inspection de la courbe qui ne présente plus aucune inflexion (Pl. XI).

Quant à la *globuline* n° 1 (non desséchée), l'effet est un peu différent ; l'addition de soude fait toujours disparaître la bande de transparence sur 18 ; elle augmente un peu la transparence pour 17 et ne la modifie pas sensiblement pour 16. Il résulte de là qu'il subsiste une bande d'absorption étroite sur la raie 16 suivie d'un maximum de transmission sur 17 (Pl. XII). — En neutralisant par l'acide chlorhydrique, l'état primitif n'est pas complètement reproduit. Voici les chiffres obtenus :

Tableau G.

Globuline N° 1.

RAIES	Avant l'addition de soude.	Après l'addition de soude.	Neutralisée par H Cl.
	mm	mm	mm
9	38,4	Dépasse 40	
12	13,05	23,9	15,7
14	3,85	1,77	3,6
16	0,85	0,95	—
17	1,42	1,82	1,5
18	2,8	1,1	1,85
22	0,3	0,3	0,25
24	0,1	0,15	—
25	0,05	0,05	—
26	0,02	0,03	—

La manière dont se comporte ce produit, alcalinisé ou non, pourrait s'expliquer par un mélange d'une substance albuminoïde avec

un autre corps caractérisé par une bande d'absorption prononcée sur 16. On se rendrait ainsi compte du plus grand pouvoir absorbant du produit comparativement à l'albumine, de l'élargissement de la bande d'absorption du côté le moins réfrangible, et de la persistance d'une bande sur 16 après l'addition de soude. Je me suis demandé d'abord si cette seconde substance ne serait pas l'acide urique dont le spectre sera décrit plus loin; c'est ce qui m'a conduit à l'expérience de dialyse de la substance du cristallin, dont j'ai parlé plus haut; or cette expérience, comme on l'a vu, a donné un tout autre résultat : ce n'est pas de l'acide urique qui se répand dans l'eau extérieure, mais une matière dont les caractères d'absorption sont les mêmes que ceux de l'humeur aqueuse, et dont l'étude devra être reprise plus complètement.

Avec la *globuline* n° 2 (desséchée) dissoute d'abord dans la soude, la forme de la courbe est analogue à celle de la globuline n° 1 alcalinisée; mais la bande est moins prononcée. L'addition d'acide chlorhydrique détermine une beaucoup plus forte augmentation de transparence.

En résumé on voit que la modification produite par les alcalis sur les substances albuminoïdes, consiste en ce que la bande de transparence sur 18 disparaît complètement; l'absorption reste la même ou diminue quelque peu pour la raie 17, à partir de laquelle la courbe décroît plus ou moins régulièrement jusqu'à l'extrémité du spectre; souvent il se manifeste une légère bande d'absorption entre 14 et 16; d'autres fois cette bande se réduit à une simple inflexion. En d'autres termes la transparence entre 17 et 22 diminue considérablement, et la bande d'absorption, en s'atténuant presque complètement, se déplace du côté le moins réfrangible.

Lorsqu'on neutralise l'alcali avec de l'acide chlorhydrique, l'état primitif est rétabli, presque toujours d'une manière complète.

Il est à remarquer que la soude, par elle-même, est très transparente dans cette région du spectre ultra-violet.

Cet effet de la soude est une nouvelle preuve de l'iden-

tité du principe auquel est dû le spectre d'absorption des substances albuminoïdes.

Il montre en outre que l'action des alcalis détermine une modification de constitution moléculaire, ce qui n'a pas lieu dans la combinaison avec l'acide chlorhydrique.

J'ai reconnu que d'autres substances organiques susceptibles de se combiner avec les acides et avec les bases, jouissent de propriétés analogues : leur spectre n'est pas modifié par l'addition d'acide chlorhydrique; il subit un changement notable par l'action d'un alcali. C'est par exemple le cas de la sarcine et de la tyrosine, comme nous le verrons plus loin.

Action de la soude et de l'acide chlorhydrique sur l'humeur aqueuse.

L'action de la soude et celle de l'acide chlorhydrique sur l'humeur aqueuse sont très complexes, et leur étude présente des difficultés parmi lesquelles on peut mentionner : 1° la variabilité d'absorption des différents échantillons qui rend les comparaisons difficiles; 2° la rapide altération de la matière qui ne permet pas d'opérer longtemps après que les animaux ont été abattus[1]; 3° la formation, sous l'influence des réactifs, d'un précipité gélatineux ou floconneux; 4° la lenteur avec laquelle l'action se développe dans quelques cas.

Je ne puis donc donner comme certains et constants les

[1] Aux abattoirs de Genève on ne peut guère obtenir des yeux de bœuf que dans l'après-midi, et d'autre part le moteur à vapeur actionnant la machine dynamo-électrique dont je me sers, cesse de marcher vers 6 ou 7 heures, en sorte que le temps dont je disposais était très court.

résultats qui ont été obtenus ; mais ils suffiront à montrer que l'effet n'est pas le même que sur les substances albuminoïdes.

En ajoutant une *petite* quantité de soude à l'humeur aqueuse, la transparence augmente pour les raies 17 à 20, particulièrement pour 18 qui devient plus facilement transmissible que la raie 22. En revanche, l'absorption est beaucoup plus forte de 12 à 16. Pour la partie la plus réfrangible du spectre depuis 22, il n'y a pas de modification (sauf une petite diminution de transparence pour les raies extrêmes, provenant de la soude elle-même qui, à partir de 26, exerce une action appréciable, surtout si elle n'est pas exempte d'acide carbonique). En d'autres termes la bande de transparence, primitivement sur 22, s'est élargie et élevée du côté le moins réfrangible, et la bande d'absorption, primitivement sur 17 et 18, s'est déplacée en se transportant sur 14.

Si l'on ajoute à l'humeur aqueuse naturelle une quantité de soude *un peu forte*, le premier effet, autant que j'ai pu en juger, est analogue à celui qui vient d'être décrit ; mais au bout de peu d'instants la transparence générale commence à diminuer, en même temps que le maximum de transmission se déplace du côté le moins réfrangible. —L'action ne s'arrête pas là, et quand au bout d'un temps un peu long (1 heure) elle est devenue complète, on reconnaît que l'absorption a très notablement augmenté dans toute l'étendue du spectre qui demeure caractérisé par deux bandes d'absorption, l'une sur 14, l'autre sur 18, et par deux maximum de transmission, l'un sur 17 et l'autre sur 22.

Si ensuite on neutralise par l'acide chlorhydrique, il se manifeste une nouvelle modification qui ne rétablit pas l'état primitif : la transparence est plus grande qu'avec

l'humeur aqueuse naturelle pour la raie 17, et le maximum sur 22 est très atténué.

Si l'on traite directement l'humeur aqueuse naturelle par l'acide chlorhydrique, la transparence augmente pour la partie la moins réfrangible du spectre, jusqu'à 18 et quelquefois plus loin; la bande d'absorption se transporte un peu au delà de 20, et le maximum de transparence, notablement atténué, s'élargit du côté le plus réfrangible jusqu'à 24.

Il serait prématuré de chercher l'explication de ces effets compliqués.

Étude de quelques corps dérivés de l'albumine ou pouvant l'accompagner.

La difficulté de préparation des substances albuminoïdes laisse des doutes sur leur pureté, et l'on peut se demander si leur spectre ne doit pas être attribué à quelque substance étrangère qui se retrouverait dans tous les produits. D'autre part, si c'est bien à un principe entrant dans leur constitution, et non à une impureté, que sont dues leurs propriétés d'absorption, la marche à suivre pour déterminer la nature de ce principe consiste évidemment à rechercher si parmi les corps dérivés de l'albumine il s'en trouve quelques-uns qui présentent les mêmes caractères optiques.

Dans ce double but j'ai entrepris l'étude des substances présentant des relations de constitution chimique avec l'albumine, ou se rencontrant souvent avec elle dans les liquides d'origine animale. Les corps qui rentrent dans l'une ou l'autre de ces catégories sont si nombreux qu'il est à peine nécessaire de le dire, je suis loin d'avoir effec-

tué ce travail d'une manière complète. Je vais néanmoins passer rapidement en revue les produits que j'ai eu l'occasion d'étudier en les divisant en trois séries : la première comprend les substances assez transparentes pour que l'on puisse conclure avec certitude qu'elles ne peuvent avoir d'influence sur les faits relatés dans les précédents chapitres de ce mémoire ; la seconde comprend les corps plus absorbants, mais sans caractère électif déterminé ; la troisième comprend les corps dont le spectre est franchement caractérisé par des bandes d'absorption. Les résultats numériques des trois séries seront réunis dans des tableaux à la fin de ce chapitre [1].

Sucre de canne. — Les matières sucrées entrent dans la composition de beaucoup de liquides animaux ; il convenait de les examiner.

Le sucre de canne est très transparent ; dans la proportion de 250gr. dissous dans un litre d'eau, et sous une épaisseur de 10 centimètres, il laisse passer tous les rayons moins réfrangibles que 25 (Pl. XIII).

Nous avons ici un exemple remarquable d'un corps de constitution chimique complexe et de poids moléculaire élevé, qui présente néanmoins une transparence très grande, même en solution concentrée.

Sucrate de chaux. — J'ai observé plusieurs dissolutions de cette substance. Laissant de côté celles qui étaient sensiblement colorées, je ne donnerai dans le tableau numérique que les résultats obtenus avec une solution presque incolore, à 44gr. environ dans un litre, et contenant un excès de chaux. Ce produit est beaucoup moins transparent que le sucre de canne, et intercepte les raies plus réfrangibles que 14 sous une épaisseur de 10 cent. Sa courbe d'absorption présente des inflexions sensibles (Pl. XIII). Il est probable qu'une trace de matière colorante a sa part dans ces résultats.

Glucose. — (Solution à 36gr. dans un litre.) La transparence, plus grande que celle du sucrate de chaux, ne diffère pas beaucoup de celle du sucre de canne à 240gr. dans un litre ; à poids égal,

[1] J'exprime ici ma reconnaissance à MM. les professeurs Græbe et Denis Monnier, qui ont obligeamment mis à ma disposition une grande partie des produits que j'ai observés.

ce dernier corps est donc bien moins absorbant que la glucose. Les inflexions de la courbe semblent indiquer d'ailleurs la présence de quelques traces de corps étrangers (Pl. XIII).

Urée. — L'urée présente un intérêt particulier soit comme dérivé de l'albumine, soit parce qu'elle entre en petite proportion dans la composition de l'humeur aqueuse et de beaucoup d'autres liquides animaux. Mais l'expérience montre que son influence doit être nulle, car elle est d'une grande transparence pour les rayons ultra-violets, et la courbe d'absorption ne manifeste rien d'électif, si ce n'est une très légère inflexion entre 20 et 24, due probablement à une trace d'un corps étranger.

Pour les radiations moins réfrangibles que 17, l'épaisseur qui produit l'extinction sort des limites que l'on peut atteindre dans l'appareil; il a semblé toutefois que. de ce côté du spectre, la transparence ne continue pas à s'accroître dans une progression aussi rapide que pour les raies extrêmes.

On a opéré sur les liqueurs suivantes :

1° On a dissous dans l'eau de l'urée à peu près pure dans la proportion de 240gr. dans un litre. La solution non filtrée était un peu louche et contenait une petite quantité de bleu de Prusse.

2° La même dissolution a été filtrée (filtre lavé à l'acide chlorhydrique) et examinée de nouveau; la transparence n'a pas subi d'autres modifications que celles qui résultent habituellement de la filtration: l'absorption est devenue légèrement plus forte pour les rayons extrêmes, et un peu plus faible pour les radiations relativement peu réfrangibles qui ne sont interceptées que par une épaisseur considérable de liquide. La courbe correspondante est donnée dans la planche XIV, où j'ai réuni des corps faisant partie de la série de l'acide urique.

Biuret. — (Solution à 66gr. dans un litre.) Cet échantillon n'était pas d'une grande pureté ; il avait en particulier l'odeur de l'acide acétique, provenant sans doute du sous-acétate du plomp employé dans la préparation. Cette solution est très absorbante pour les raies extrêmes de 29 à 24; à partir de 24, la transparence croît très rapidement du côté le moins réfrangible jusqu'à 17. Au delà il paraît se produire un minimum sur les raies 14 et 12, mais comme ces raies sont faibles et l'épaisseur déjà très grande, il ne m'a pas été possible de tracer la courbe avec quelque précision dans cette partie du spectre (Pl. XIV).

Taurine. — (Solution contenant 7gr,3 de taurine dans 1 litre.) Sous une épaisseur de 9 cent. elle n'intercepte aucune des raies du spectre ultra-violet, mais elle affaiblit très notablement les raies

27 à 29. — Ces observations suffisent pour montrer que la taurine est très transparente et ne peut influer sur les résultats obtenus avec les liquides animaux. Il conviendra de reprendre l'étude de ce corps, qui est très soluble, à un état de plus grande concentration (Pl. XIII).

Chlorhydrate de glycocolle. — (Solution à 10gr. dans 1 litre.) Ce corps est plus absorbant que ceux qui précèdent ; mais au point de vue qui nous occupe, il peut être encore considéré comme très transparent. Sous une épaisseur de 30mm, il intercepte les raies plus réfrangibles que 22, son spectre ne présente rien d'électif (Pl. XIII).

Alanine. — (Solution à 15gr. dans 1 litre.) Intercepte la raie 24 et les suivantes sous une épaisseur de 16mm (Pl. XVI).

Le tableau H, placé à la fin du chapitre, contient les résultats numériques obtenus sur cette première série de corps. Les chiffres donnés immédiatement par l'observation ne sont pas directement comparables entre eux, puisque les produits ne sont pas au même degré de concentration. Cet inconvénient est à peu près inévitable en raison de la diversité des solubilités et des pouvoirs absorbants des corps ; d'ailleurs la comparaison qui présenterait le plus d'intérêt serait celle de solutions contenant, non pas le même poids absolu, mais le même nombre de molécules.

Quoi qu'il en soit, dans la dernière colonne *horizontale* du tableau intitulée R, je donne l'indication de la dernière raie qui serait visible pour une concentration de 1 °/₀ (10gr. dans 1 litre) et pour une épaisseur de 10mm. Cette indication est déduite par le calcul dans la supposition que l'épaisseur d'extinction est inversément proportionnelle à la concentration (supposition qui est inexacte dans certains cas exceptionnels, par exemple lorsque la substance est fluorescente) [1].

[1] Je ne comprends pas dans cette série un grand nombre de sels

Les courbes correspondant aux corps faisant partie de cette série, sont données dans les planches XIII et XIV, qui sont à l'*échelle de 1 division pour un millimètre d'épaisseur* (tandis que dans les planches précédentes l'échelle était 10 fois plus grande). Sur la planche XIII on a tracé, à la même échelle, les courbes de l'albumine (37^{gr} dans un litre) et de la sérine (10^{gr},5 dans un litre) ; elles montrent, au premier coup d'œil, que ces dernières substances sont bien plus absorbantes.

Quelques-unes de ces courbes présentent des inflexions irrégulières, caractère indiquant en général que la pureté des corps n'est pas complète. Mais la présence d'impuretés ne peut qu'exagérer l'absorption en certains points ; nous sommes donc autorisés à conclure que les corps de cette série sont trop transparents pour que, jouant à leur tour le rôle d'impuretés, ils aient pu exercer une influence sensible sur les résultats obtenus avec les substances albuminoïdes ou les humeurs aqueuse et vitrée ; tout au plus ont-ils pu exagérer quelque peu l'absorption des rayons extrêmes.

Nous passons maintenant à une série de corps moins transparents que ceux qui précèdent :

inorganiques qui entrent dans la composition des liquides animaux, et qui ont été plus ou moins complètement étudiés dans les mémoires précédents. Tels sont les chlorures et sulfates alcalins, alcalino-terreux et amoniacaux qui sont très transparents. Quant aux carbonates, j'aurai à revenir plus tard sur leurs propriétés ; je me borne ici à donner dans la planche XIII la courbe du carbonate neutre de soude dans la proportion de 10$^{gr.}$ de ce sel, cristallisé, dans un litre. Le carbonate neutre de potasse au même degré de concentration (c'est-à-dire contenant la même quantité d'acide carbonique), donne des résultats identiques. On voit que ces carbonates sont très transparents jusqu'à la raie 22, à partir de laquelle l'absorption croît très rapidement.

Chlorhydrate de leucine. — (Solution à 8gr,1 dans 1 litre.) Très transparent jusqu'à 20; assez absorbant pour les raies plus réfrangibles (Pl. XIII).

Leucine. — (Solution à 1gr,78 dans 1 litre.) Très transparente jusqu'à 18; intercepte la raie 20 et les suivantes sous une épaisseur de 50mm. La courbe présente une inflexion entre 18 et 22, provenant probablement de quelque impureté (Pl. XIII).

Acide hippurique. — (Solution à 2gr. dans 1 litre.) La transparence très grande jusqu'à 18, diminue ensuite rapidement sans rien d'électif. MM. Hartley et Huntington avaient déjà étudié ce corps par la méthode photographique, mais ils ont obtenu une absorption plus grande que celle que j'ai trouvée : par exemple, au même degré de concentration, 1/500, ils indiquent que la raie 17 est interceptée sous une épaisseur de 3/4 de pouce (19m,05), tandis que je n'ai pas obtenu l'extinction de cette raie sous une épaisseur de 107mm (Pl. XIII).

Allantoine. — (Solution à 5gr. dans 1 litre.) Très transparente jusqu'à 17 ou 18; mais au delà, l'absorption devient considérable (Pl. XIV).

Alloxane. — (Solution à 13gr,33 dans un litre.) Très transparente jusqu'à la raie 13, à partir de laquelle l'absorption augmente rapidement. On remarque une inflexion de la courbe entre 16 et 20; l'épaisseur d'extinction est presque la même pour les raies 17 et 18; mais on n'a pas observé de bande d'absorption proprement dite (Pl. XIV).

Une autre solution trois fois plus concentrée, 40gr. dans 1 litre, a donné des chiffres concordants, c'est-à-dire approximativement trois fois plus faibles.

Les acides de la bile en combinaison avec la soude sont plus absorbants que les corps précédents. Je ne donne qu'avec réserve les résultats obtenus sur ces produits: la coloration brunâtre qu'ils prennent facilement, les inflexions de leurs courbes d'absorption et les différences qui se manifestent entre des échantillons divers d'un même sel, me laissent de grands doutes sur leur pureté. Néanmoins il ressort de l'ensemble des observations que ceux de ces corps que j'ai eu l'occasion d'examiner, n'ont pas de rapport avec l'albumine ou l'humeur aqueuse en ce qui concerne l'absorption.

Cholalate de soude. — (Solution de 2gr. d'acide cholalique, avec excès de soude dans un litre d'eau.) Incolore. A partir de 10, la transparence décroît rapidement jusqu'à 12; il y a un minimum de transparence sur 14, un maximum sur 17, et une inflexion entre 18 et 22. Bien que le minimum sur 14 soit nettement caractérisé avec

cet échantillon, je ne suis pas assez sûr qu'il ne provienne pas d'une impureté pour ranger ce corps dans la catégorie de ceux dont le spectre manifeste une bande d'absorption (Pl. XIII).

Glycocholate de soude — (provenant du laboratoire H. Sittel, à Heidelberg). Solution à 8gr,51 dans 1 litre. Sensiblement colorée en en jaune brunâtre. A partir de la raie 9, l'absorption croît très rapidement jusqu'à 12, puis beaucoup moins rapidement jusqu'à l'extrémité du spectre. La courbe présente une série de maximum ou d'inflexions (Pl. XIII)[1].

Un autre échantillon de glycocholate de soude a été préparé en dissolvant de l'acide glycocholique très blanc dans un excès de soude (5gr,545 d'acide dans 1 litre). La liqueur était incolore; elle a donné des résultats notablement différents; comparativement au 1er échantillon, la transparence est plus grande pour la partie peu réfrangible, et plus faible pour les raies 18 et suivantes. Il est possible que cet effet provienne de l'excès de soude agissant d'une manière analogue à celle que nous avons mentionnée pour les albumines et d'autres produits.

Taurocholate de soude — (du laboratoire Sittel). Solution à 11gr,65 dans 1 litre. Couleur un peu blonde. L'absorption augmente rapidement jusqu'à 12, puis lentement jusqu'à l'extrémité du spectre avec de légères inflexions (Pl. XIII).

(J'ai examiné aussi les acides *cholalique* et *glycocholique* simplement dissous dans l'eau; mais la solubilité est très faible et les liqueurs sous une épaisseur de 10 cent. n'interceptent que les raies 25 et suivantes. — La *cholesterine* dans l'eau additionnée d'une petite quantité d'alcool n'a manifesté qu'une faible absorption : les raies 22 et suivantes étant interceptées par une épaisseur de 75mm. La solution contenait approximativement 1/17000 de cholesterine.)

Le tableau J contient les résultats numériques de cette série.

Il nous reste à parler de quelques corps présentant des bandes d'absorption qui ne peuvent être attribuées à des impuretés.

[1] Le minimum peu prononcé sur la raie 12 n'est peut-être qu'apparent, car cette raie est notablement plus faible que les raies du magnésium qui ont servi pour d'autres points. (Voir à la fin du mémoire.)

Acide urique.— La petite proportion d'acide urique qui se dissout dans l'eau froide ($\frac{1}{15000}$ environ, Bensch), est suffisante pour mettre nettement en évidence les propriétés d'absorption de ce corps. Le spectre est remarquable et caractérisé par deux bandes d'absorption, l'une très prononcée sur 16, l'autre moins accentuée entre 21 et 22 ; les maxima de transmission correspondent, l'un à 18, l'autre à 26.

1er échantillon.— On a fait bouillir de l'eau avec un excès d'acide urique cristallisé ; on a laissé refroidir et reposer pendant deux ou trois jours, après lesquels la dissolution a été décantée avec soin. La préparation a été faite *en hiver*.

La transparence, très grande pour les raies moins réfrangibles que 13, diminue brusquement au delà. La courbe, se réduisant entre 12 et 14 à une ligne presque verticale, présente un minimum très accentué correspondant à la raie 16, qui est interceptée par une épaisseur de 4 à 5 millimètres de liquide. La courbe se relève ensuite rapidement jusqu'à la raie 18, pour laquelle l'épaisseur atteint 33mm ; elle redescend rapidement jusqu'à la raie 20, puis plus lentement jusque près de 22 où se trouve un second minimum (13mm environ). La courbe remonte ensuite assez lentement jusqu'à 26 (20mm environ) et s'abaisse enfin rapidement jusqu'à 29.

2me échantillon. — Préparé comme le précédent, mais *en été*, de sorte que la proportion d'acide dissoute doit être plus grande.

L'absorption est en effet notablement plus forte qu'avec l'échantillon précédent (pour 18 l'épaisseur est de 22mm environ). La courbe présente les mêmes caractères, cependant l'absorption est proportionnellement plus grande pour les raies extrêmes à partir de 25, et la bande sur 26 se trouve atténuée. Cette atténuation doit très probablement être attribuée à un défaut de propreté de la lentille de concentration.

3me échantillon. — Préparé de même en *automne*. L'absorption est plus forte qu'avec le n° 1, mais la courbe présente les mêmes caractères (Pl. XIV).

Action de la soude sur l'acide urique. — Cette action, dont l'étude est difficile et délicate, a été déterminée d'une manière un peu superficielle, mais suffisante pour le but que je me proposais.

Dans une première observation on a repris (au bout de quelques mois) la dissolution d'acide urique, 1er échantillon, qui avait été con-

servée. On y a ajouté quelques gouttes de soude. Dans toute la partie la moins réfrangible jusqu'à 22, la forme de la courbe de l'urate de soude est restée la même que celle de la simple dissolution aqueuse d'acide urique. Mais l'absorption a été en général un peu plus forte, particulièrement pour la raie 13 ; je ne puis cependant pas affirmer que le changement ne soit pas plus apparent que réel, et ne tienne pas à des causes de variation possibles sur lesquelles il serait inutile d'insister. Dans la partie plus réfrangible que 22, la comparaison est plus difficile encore parce que la soude exerce une absorption par elle-même ; cependant on remarque que la bande de transparence sur 26 est notablement atténuée ; la forme de la courbe diffère principalement en ce qu'entre 22 et 25 elle est descendante avec l'urate de soude, tandis qu'elle était ascendante avec l'acide urique.

On a répété l'expérience sur l'échantillon n° 3 en ajoutant très peu de soude. Le résultat a été que dans la partie peu réfrangible jusqu'à 16, l'absorption augmente ; le minimum sur 16 et le maximum sur 18 ne paraissent pas déplacés. Dans la partie extrême la bande de transparence sur 26 s'atténue en se rapprochant de 25 ; l'absorption augmente de 26 à 29. — En ajoutant de l'acide chlorhydrique l'état primitif est rétabli.

L'action de la soude paraît dépendre de la quantité de ce réactif que l'on emploie.

On a opéré en troisième lieu sur une dissolution plus concentrée ($^1/_{4000}$ soit 0^{gr},25 d'acide urique avec quelques gouttes de soude dans un litre d'eau). La forme de la courbe s'accorde avec celle de l'échantillon précédent, mais l'absorption est naturellement plus grande (Pl. XIV). La bande de transparence sur 26 a disparu.

Je crois pouvoir conclure à ces observations qu'il y a une différence réelle, quoique faible, entre l'acide urique et les urates alcalins. J'aurai peut-être l'occasion de revenir sur ce point dans une étude plus complète des sels en général.

(J'ai toujours ajourné cette étude dans l'espérance d'arriver à installer un appareil susceptible d'une plus grande précision pour les mesures absolues.)

En résumé, il y a entre le spectre de l'acide urique et celui des albumines une certaine analogie consistant principalement dans l'identité de position de la bande de transparence sur 18. Cette analogie provient-elle d'un principe commun aux deux substances ou résulte-t-elle

d'une coïncidence fortuite ? Je crois que c'est à la dernière alternative que l'on doit s'arrêter. On pourrait concevoir, je le reconnais, que le spectre de l'albumine tel qu'il a été décrit, résulte des effets superposés de deux substances, l'une sans caractère électif et très absorbante pour les rayons extrêmes à partir de 22, l'autre donnant, à elle seule, le spectre de l'acide urique. Cette seconde substance pourrait être l'acide urique simplement mélangé et agissant comme impureté dans toutes les albumines qui ont été examinées ; ou bien on pourrait supposer qu'un groupe moléculaire commun entre dans la constitution soit de l'albumine, soit de l'acide urique. Mais cette explication me paraît renversée par les motifs suivants :

1° Dans les substances albuminoïdes étudiées (à l'exception de la globuline non desséchée, et peut-être de la mucine) le minimum d'absorption tombe sur la raie 17, tandis qu'avec l'acide urique il se transporte incontestablement du côté le moins réfrangible, sur la raie 16, en sorte que la raie du magnésium $\lambda = 293$ et la raie 14 du cadmium s'éteignent avant ou en même temps que 17.

2° L'action de la soude est complètement différente : avec l'acide urique elle ne fait pas disparaître la bande de transparence sur 18 comme cela a lieu avec les albumines.

3° Si la présence d'acide urique à l'état de simple mélange ou d'impureté était la cause de la bande d'absorption des albumines, on devrait pouvoir séparer cet acide par dialyse. Or en dialysant du blanc d'œuf, je n'ai pas trouvé d'acide urique dans l'eau extérieure[1]. Cet

[1] L'eau extérieure, dans ce cas, m'a donné une bande d'absorp-

argument n'est probant que contre l'hypothèse d'un mélange, il n'aurait pas de valeur s'il s'agissait d'un principe commun aux deux substances.

Acide oxalurique. — Un premier échantillon de ce corps, dans la faible proportion où il entre en solution dans l'eau, a présenté un assez grand pouvoir absorbant dans toute l'étendue de l'ultra-violet au delà de 9; il s'est manifesté une bande d'absorption sur 16, reconnaissable surtout avec le spectre du fer. La liqueur était douée d'une belle fluorescence violette. La même solution étendue de 3 fois son volume d'eau a donné des résultats concordants, c'est-à-dire une transparence à peu près 4 fois plus grande, entre 14 et 22; pour les rayons plus réfrangibles l'absorption était proportionnellement moins forte (Pl. XIV).

Une autre solution du même produit saturée à froid comme la première, m'a donné des résultats très différents: la fluorescence avait disparu, l'absorption notablement plus faible sans rien d'électif. Il s'est évidemment produit une altération dans la nature chimique de l'une ou de l'autre de ces solutions.

Cyanate de potassium. — Ce sel intercepte énergiquement les radiations extrêmes à partir de 20; on reconnaît la présence d'une bande d'absorption peu prononcée dont le centre est entre 20 et 22 (plus près de cette dernière); le maximum de transmission suivant tombe sur 24. En allant, à partir de 20, du côté le moins réfrangible, on voit que la transparence augmente beaucoup. On a exa-

tion sur 18 avec une bande de transparence sur 22, comme dans la dialyse des cristallins, mais d'une manière moins prononcée.

miné deux échantillons de ce sel qui ont donné les mêmes caractères généraux, mais qui présentent cependant des différences numériques assez fortes.

1er échantillon. — Pureté douteuse, solution à 73gr,75 dans 1 litre. La bande d'absorption entre 20 et 22 se distingue facilement avec le spectre du fer (épaisseur 1mm,8 environ), le maximum de transparence suivant est sur 24 (épaisseur 2mm,4). On remarque une légère inflexion entre 12 et 17 (Pl. XV).

2me échantillon (provenant de la fabrique Trommsdorff). — Solution à 40gr,55 dans un litre. Même position de la bande d'absorption (épaisseur 6mm environ) et de la bande de transparence (épaisseur 9,43). L'absorption est proportionnellement plus faible qu'avec le 1er échantillon.

Sarcine. — (Du laboratoire Sittel.) Le spectre de la sarcine est très caractéristique: une dissolution dans la proportion de 0gr,25 dans 1 litre, est très transparente jusqu'à 16 et très absorbante au delà ; elle présente une bande d'absorption prononcée sur 20 et un peu au delà (épaisseur d'extinction 1mm), suivie d'une bande de transparence sur 24 et 25 (4mm,93), après laquelle l'opacité augmente rapidement.

Une solution moins étendue (1gr,248 dans 1 litre) a donné des chiffres concordants, c'est-à-dire une absorption environ 5 fois plus forte.

Quand on ajoute quelques gouttes de soude, la courbe, en conservant à peu près la même forme, se déplace du côté le moins réfrangible, la bande d'absorption tombant sur 18, et la bande de transparence sur 22.

En neutralisant ensuite la liqueur par l'acide chlorhydrique, on rétablit le spectre primitif. (Voyez la Pl. XV, qui est à l'*échelle de 10 div. pour 1 millimètre.*)

Un échantillon de *chlorhydrate de sarcine* (du laboratoire Sittel, proportion indéterminée, mais très petite)

a donné des résultats un peu différents. La bande d'absorption n'est pas déplacée ; mais le maximum de transparence qui la suit tombe sur 24, et l'épaisseur correspondant à 25 est déjà beaucoup moindre. En outre l'absorption est plus forte pour les raies 16 et 17, près desquelles la courbe présente une inflexion. Il est probable que le produit n'est pas pur. — L'action de la soude est analogue à ce qui a lieu pour le premier échantillon de sarcine.

Chlorhydrate de xanthine. — (Du laboratoire Sittel, $0^{gr},433$ dans 1 litre.) On observe une bande d'absorption prononcée sur 20 (épaisseur $1^{mm},3$), suivie d'une bande de transparence sur 24 ($7^{mm},43$), après laquelle l'absorption augmente très rapidement. On remarque entre 17 et 18 une inflexion qui pourrait bien provenir de quelque trace de substance albuminoïde.

A concentration égale le produit est moins absorbant que la sarcine[1] (Pl. XV).

L'addition de soude au chlorhydrate de xanthine augmente l'absorption pour les rayons très réfrangibles à partir de 24 ; le maximum de transparence tombe sur 22.

Tyrosine. — Ce corps a donné des résultats intéressants à divers égards, et en particulier parce que ses propriétés se rapprochent assez de celles des subtances albuminoïdes.

[1] Comme on le voit, la xanthine et la sarcine (hypoxanthine), qui ne diffèrent dans leur composition que par un atome d'oxygène, présentent une grande analogie; il y aurait de l'intérêt à comparer de plus près ces corps à un état de parfaite pureté.

Quant à l'acide urique, qui contient un atome d'oxygène de plus que la xanthine, son spectre est notablement différent.

La tyrosine est très transparente jusqu'à la raie 16 ; au delà elle est généralement très absorbante, moins cependant que la sarcine ou la xanthine. Il se manifeste une bande d'absorption prononcée sur 17, suivie d'une bande de transparence sur 18 et 20, le maximum tombant sur cette dernière raie, et même légèrement au delà. L'absorption augmente ensuite rapidement, avec une petite reprise de transparence sur 26.

En ajoutant un peu de soude ou d'ammoniaque, la bande de transparence sur 20 disparaît. L'absorption diminue un peu sur 17, où la courbe prend un maximum peu prononcé. On constate une faible bande d'absorption entre 16 et 14 ; enfin le maximum secondaire qui, avant l'addition d'alcali, tombait sur 26, se déplace un peu du côté le moins réfrangible et se trouve entre 24 et 25.

En neutralisant avec l'acide chlorhydrique, on rétablit très sensiblement l'état primitif.

J'ai étudié plusieurs échantillons de cette substance qui est peu soluble dans l'eau.

1° Une petite quantité de tyrosine, provenant du laboratoire Sittel, a été agitée avec de l'eau froide, puis on a décanté. La quantité de matière en solution a été déterminée par évaporation et pesée; on a trouvé une proportion de $0^{gr},15$ par litre. L'épaisseur éteignant 17 est de 16^{mm} environ, elle est de 52^{mm} pour la raie 20. En ajoutant de la soude l'épaisseur est tombée à $2^{mm},1$ pour la raie 20.

2° Une dissolution du même produit a été faite à chaud ; on a décanté après refroidissement. Le dosage a donné $0^{gr},394$ dans 1 litre. La courbe a la même forme générale que celle du 1er échantillon; mais la transparence est proportionnellement plus grande, l'épaisseur

étant de 9^{mm} pour 17 et de 23^{mm} pour 20. En alcalinisant avec de l'ammoniaque, l'épaisseur tombe à 2^{mm} pour 20.

3° M. Erlenmayer a bien voulu m'envoyer un échantillon de *tyrosine artificielle* (préparée par le procédé récemment décrit par MM. Erlenmayer et Lipp. *Liebig's Annalen der Chemie*, t. 219, p. 161). Le produit en solution contenant 0^{gr},400 dans un litre, c'est-à-dire sensiblement dans la même proportion que l'échantillon 2, a donné des résultats presque identiques ; sa transparence est seulement légèrement plus grande pour la partie la plus réfrangible du spectre, différence qui peut s'expliquer par des erreurs d'observation ou par une pureté plus grande du produit. — En ajoutant de la soude, on a obtenu approximativement les mêmes résultats qu'avec l'échantillon n° 2 alcalinisé à l'ammoniaque. — Cette identité des spectres d'absorption de la tyrosyne artificielle et de la tyrosine extraite de matières animales, fournit une confirmation délicate et intéressante de la belle synthèse de MM. Erlenmayer et Lipp.

Les résultats numériques pour les trois échantillons sont consignés dans le tableau L. La Planche XVI (à l'*échelle de 1 div. pour* 1^{mm}) donne la courbe relative à la tyrosine artificielle (ligne ponctuée pour la liqueur alcalinisée).

Si l'on compare la courbe de la tyrosine avec celle de l'albumine, on trouve entre elles une grande ressemblance, soit à l'état naturel, soit après addition d'un alcali, à tel point que l'on pourrait parfaitement admettre leur identité réelle en supposant seulement la présence, dans l'albumine, d'une autre substance absorbante sans caractère électif. En effet, les différences principales que l'on ob-

serve entre les courbes des deux substances non alcalinisées, consiste en ce que chez la tyrosine : 1° la bande de transparence est un peu plus réfrangible ; 2° le rapport des épaisseurs correspondant au minimum de la bande d'absorption et au maximum de la bande de transparence est plus petit ; 3° il se manifeste une bande de transparence secondaire sur 26. Or ces trois différences disparaîtraient, si l'on ajoutait à la tyrosine une substance passablement transparente pour les raies les moins réfrangibles, mais présentant une absorption croissante pour la partie extrême du spectre. Cette substance rejetterait la bande de transparence principale sur 18, en atténuant le maximum de la courbe, et rendrait insensible la bande de transparence secondaire sur 26.

On pourrait donc supposer, avec un certain degré de probabilité, que la tyrosine entre intégralement dans la constitution des albumines [1] ; mais on pourrait admettre aussi que la tyrosine et l'albumine contiennent seulement un principe absorbant commun. Or la tyrosine, conformément à la synthèse de MM. Erlenmayer et Lipp, est de l'alanine dans laquelle un atome d'hydrogène a été remplacé par un groupe paroxyphényle ; l'alanine étant transparente pour l'ultra-violet, c'est à ce groupe paroxyphényle que la tyrosine doit ses propriétés d'absorption, et c'est ce même groupe qui pourrait se rencontrer dans l'albumine.

L'hydroquinone, qui contient le même groupe réuni à OH, présente aussi des propriétés d'absorption très ana-

[1] Nous avons vu (note de la page 472) que l'on ne peut pas admettre l'hypothèse d'un mélange, puisque la dialyse de l'albumine ne donne pas à l'eau extérieure les caractères d'absorption de l'albumine et de la tyrosine.

logues soit à l'état de simple dissolution aqueuse, soit après l'addition de soude. La bande d'absorption principale s'étend seulement un peu plus du côté le moins réfrangible, et est un peu plus prononcée qu'avec la tyrosine; la bande de transparence est légèrement déplacée dans le même sens. On saisira ces points de ressemblance et de différence en jetant un coup d'œil sur la planche XVI où se trouve tracée, à côté de la courbe de la tyrosine, celle de l'hydroquinone en proportion équivalente ($0^{gr},400$ pour la tyrosine, $0^{gr},2431$ pour l'hydroquinone [1]).

D'après les belles recherches de MM. Hartley et Huntington, quelques autres corps de la série aromatique présentent des spectres d'absorption qui ne sont pas sans analogie avec celui de l'albumine ; il serait donc prématuré de s'arrêter à une conclusion positive, avant une étude plus complète de cette catégorie de composés.

Les tableaux K et L contiennent les résultats numériques correspondant à la série de corps que nous venons de passer en revue.

[1] On n'a pas tracé la courbe de l'hydroquinone traitée à la soude qui, en plusieurs points, se confondrait avec celle de la tyrosine alcalinisée. D'ailleurs l'étude de cette substance, qui présente certaines particularités, n'a pas encore été faite d'une manière complète. La même planche donne la courbe de l'alanine, mais à un degré bien supérieur de concentration.

TABLEAU H.

Poids dissous dans 1 litre.	gr. 250	44	36	240	240	66,96	7,3	10	15
Substances.	Sucre de canne.	Sucrate de chaux.	Glucose.	Urée N° 1 (non filtrée)	Urée N° 2 (filtrée)	Biuret.	Taurine.	Chlorhydrate de glycocolle.	Alanine.
Raies.									
10	—	—	—	—	—	Dépasse 82 mm	—	—	—
12	—	—	—	—	—	60,5 (?)	—	—	—
14	—		—	—	—	62,0	—	—	—
Mg (λ = 293)	—	89,3 mm	—			—	—	—	
17	—	44,5	—	59,75 mm	78,45 mm	80,1	—		Dépasse 100 mm
18	—	31,87	—	50,0	50,1	56,35	—	Dépasse 77 mm	88,35
20	—	24,5		28,2	29,0	26,7	—	66,0	53,0
22		19,32	Dépasse 95 mm	26,7	25,4	9,7	—	32,67	33,15
24	Dépasse 100 mm	9,0	81,5	21,05	20,1	3,9	—	17,65	16,05
25	72,5	3,2	66	12,3	10,17	1,95	—	11,6	5,95
26	57,7	1,3	57,95	5,05	4,75	0,95		7,82	3,2
27	38,8	0,7	31,7	1,05	1,2	0,25	Dépasse 90 mm	4,7	1,4
28	24,2	0,2	26,5	0,5	0,25	0,05	»	2,6	0,75
29	10,4	Insensible.	18,1	0,05	0,02	0,03	Presque éteint à 90	1,2	0,35
R	29	25	29	28	27	25	28	25	24

TABLEAU J.

Poids dissous dans 1 litre.	gr. 8,1	1,78	2,0	5,0	13,33	2 (d'acide)	8,51	7,545 (d'acide)	11,65
Substances	Chlorhydrate de leucine.	Leucine.	Acide hippurique.	Allantoïne.	Alloxane.	Cholalate de soude.	Glycocholate de soude N° 1.	Glycocholate de soude N° 2.	Taurocholate de soude.
Raies.							mm		mm
9	—	—	—	—	—		79,8		52,3
10	—	—	—	—		Dépasse 70 mm	56,0	Dépasse 55 mm	33,5
12	—	—	—	—	Dépasse 70 mm	44,6	18,7	33,0	12,2
Mg (λ = 309)	—	—	—	—	—	37,2	21,4	40,55	—
14	—	—	—	—	25,05	44,7	18,55	22,1	11,2
Mg (λ = 293)	—	—	—	—	—	50,9	17,75	24,85	—
16	—				5,35	—	—	—	—
17	—	Presque éteint à 93 mm	Dépasse 100 mm	Dépasse 90 mm	4,75	49,3	18,15	21,65	12,2
18		79,17	72,43	42,0	4,32	36,7	14,37	8,7	10,03
20	Dépasse 81 mm	47,66	38,6	8,8	1,75	23,1	9,0	4,2	8,0
22	22,0	45,45	26,2	1,82	0,18	24,8	9,35	4,77	6,78
24	8,2	30,15	14,07	1,0	0,03	17,7	5,41	3,6	4,25
25	3,85	17,8	5,62	0,67	Insensible.	8,3	3,15	1,97	2,12
26	1,77	10,9	3,61	0,42	»	3,3	1,9	1,12	1,2
27	0,8	5,7	1,3	0,2	»	1,6	1,1	0,4	0,5
28	0,7	3,05	1,25	0,1	»	0,35	0,6	0,2	0,25
29	0,5	1,0	1,0	0,05	»	0,2	0,4	0,02	0,15
R	22	18	18	18	14	10	18	17	17

TABLEAU K.

Substances.	Acide urique N° 1.	Acide urique N° 3.	Acide urique N° 3 après addition de soude.	Acide urique avec addition de soude.	Acide oxalurique (fluorescent)	Cyanate de potassium N° 1.	Cyanate de potassium N° 2.	Sarcine.	Sarcine après addition de soude.	Chlorhydrate de sarcine (impur?)	Chlorhydrate de xanthine.
Poids dans 1 litre.	gr. 0,067(?)	(?)	(?)	0,25	(?)	73,75	40,55	0,25		(?)	0,433
Raies.											
9	—	—	—	—	Dépasse 77 mm	—	—	—	—	—	—
10			—		35,4		—	—	—	—	—
12	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm		Dépasse 88 mm	16,0	80,2 mm	—	—	—		
Mg ($\lambda = 309$)	—	51,0	23,9 mm	14,2	—	—	—		—	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm
14	8,7	7,9	4,4	—	8,77	50,5(?)	—	Dépasse 100 mm	—	58,4	13,8
Mg ($\lambda = 293$)	—	7,49	5,75	2,55	—	—	—	—		39,9	10,8
16	4,0	3,45	1,8	—	—	—		46,9	18,1 mm	—	2,1
17	16,62	8,55	10,4	8,47	10,2	46,3	100,85 mm	6,75	2,3	18,42	4,55
18	34,45	21,95	24,4	11,47	5,52	12,68	44,37	1,6	1,02	12,0	2,8
20	19,95	13,42	11,1	5,0	3,2	3,5	16,3	1,0	0,95	6,8	1,3
22	13,96	8,92	9,35	3,0	0,77	2,17	7,78	2,93	5,32	20,37	4,42
24	14,92	10,42	9,5	3,0	0,27	2,4	9,43	4,8	2,95	32,0	7,43
25	16,6	10,73	10,13	2,6	0,05	1,25	2,97	4,93	1,05	23,27	4,47
26	19,65	13,42	10,1	2,55	Insensible.	0,6	1,4	2,21	0,67	13,42	2,97
27	11,0	7,39	4,1	1,25	»	0,15	0,62	1,15	0,25	5,2	1,3
28	7,75	5,84	1,7	0,95	»	0,01	0,15	0,77	0,15	4,3	1,0
29	4,4	3,27	0,95	0,35	»	Insensible.	0,02	0,27	0,1	2,5	0,35

TABLEAU L.

Poids dans 1 litre.	gr. 0,150		0,394		0,400		0,243	
Substances.	Tyrosine (Sittel)	Tyrosine après addition de soude.	Tyrosine (Sittel)	Tyrosine après addition d'ammoniaque.	Tyrosine artificielle.	Tyrosine artificielle après addition de soude.	Hydroquinone.	Hydroquinone après addition de soude.
Raies.								
13	—	mm Dépasse 60	—	mm Dépasse 50	—	—		
Mg (λ = 309)		—	—	—		—	mm 80,0	mm 16,0
14	mm Dépasse 100	7,5	—	6,6	mm Dépasse 82		—	2,9
Mg (λ = 293)	—	—		—	—	mm 6,9	4,25	4,15
16	64,7	6,3	mm 28,55	6,3	24,95	5,4	—	1,2
17	16,15	22,1	9,0	9,9	8,55	10,45	6,2	8,35
18	43,8	8,1	19,65	6,65	21,3	4,27	27,03	4,17
20	52,0	2,1	23,2	2,0	25,0	1,3	27,03	2,17
22	7,65	2,95	3,6	1,97	3,57	1,1	4,6	3,25
24	3,83	4,22	1,62	1,5	1,7	1,95	1,97	2,15
25	3,02	4,85	1,27	1,75	1,52	2,0	1,52	1,9
26	4,25	3,85	1,85	2,2	2,17	1,65	2,0	2,15
27	3,27	1,9	1,3	0,7	1,5	0,6	1,2	1,6
28	2,3	1,2	0,7	0,4	1,05	0,35	1,2	1,15
29	1,3	0,2	0,35	0,05	0,3	0,2	0,25	1,0

Étude de quelques liquides animaux.

Il me reste à parler brièvement de quelques observations faites sur divers liquides de l'organisme animal.

Sang.—Dans mon premier mémoire [1], j'ai déjà signalé la bande d'absorption que l'on observe, dans le violet extrême, avec le sang dilué.— J'ajoute que la photographie à la lumière solaire reproduit très bien cette bande qui se trouve dans une partie du spectre où l'action chimique de la lumière est énergique.

Avec le sang dilué au $\frac{1}{1000}$ (soit 1^{cc} dans 1 litre), placé dans une auge de 10^{mm} d'épaisseur, cette bande est très distincte; elle occupe à peu près la moitié de l'intervalle compris entre G et H, son centre tombant sur *h*; l'ultra-violet est transmis. — Avec le sang au $\frac{1}{600}$, elle remplit tout l'espace compris entre G et H; la région entre H et L est assombrie.— Avec le sang au $\frac{1}{400}$, elle déborde du côté de G d'une part et du côté de H d'autre part; tout le spectre ultra-violet paraît assombri. — Il y a du reste des différences notables suivant les échantillons.

Quand le sang est traité à l'oxyde de carbone, la bande est légèrement rejetée du côté le moins réfrangible, et l'ultra-violet est moins assombri qu'avec le sang oxygéné à dilution égale.

Si l'on revient à la méthode ordinaire, en employant la lumière des étincelles d'induction, l'oculaire fluorescent et l'appareil à épaisseur variable, on trouve, avec de grandes différences dans les valeurs numériques suivant les échan-

[1] *Archives*, 1878, t. LXI, p. 347.

tillons, que la bande du violet, s'étendant dans l'ultra-violet, se manifeste par ce que la raie du magnésium, $\lambda=383$ (près de L) disparaît avant la raie 9 du cadmium, à laquelle correspond un maximum de transmission. Au delà on remarque deux nouvelles bandes d'absorption dont l'une, tombant sur 12, est probablement due à l'hémoglobine, tandis que l'autre, tombant sur 17, est évidemment celle de la sérine. Le maximum de transparence qui sépare ces deux bandes coïncide avec la raie du magnésium $\lambda=309$; le maximum suivant tombe sur 18, puis l'absorption augmente graduellement jusqu'à 29. Les résultats numériques sont consignés, en partie, dans le tableau M donné plus bas; la courbe est tracée dans la planche VI.

L'observation des bandes d'absorption dont je viens de parler n'est pas très facile : au premier abord les raies de 9 à 17 semblent disparaître simultanément; mais avec quelque attention on arrive à reconnaître des différences très appréciables, surtout si l'on emploie le spectre magnésium-cadmium.

Lorsqu'on opère sur du sang traité à l'oxyde de carbone, les résultats sont peu modifiés : la différence la plus saillante est que la raie du magnésium $\lambda=383$, est plus facilement transmise, ce qui s'accorde bien avec le déplacement de la bande dans le violet que nous avons déjà signalé. La bande d'absorption suivante, ainsi que le maximum de transparence, sont aussi légèrement réjetés du côté le moins réfrangible.

Salive. — Le spectre de la salive a une grande analogie avec celui des substances albuminoïdes; l'absorption est cependant plus forte entre 12 et 16. (Pour les résultats numériques voir plus bas le tableau N.)

Urine. — En raison de la variabilité et de la multiplicité des corps qui entrent dans sa composition, il serait prématuré d'entreprendre l'étude complète de l'urine. Je n'ai observé qu'un seul échantillon dont l'opacité était très grande pour la plus grande partie de l'ultra-violet (voir le tableau N).

Liquide céphalo-rachidien. — M. le prof. Schiff a bien voulu me remettre un échantillon du liquide céphalo-rachidien du chien, extrait immédiatement après la mort de l'animal. Le liquide, contenant une très légère trace de sang, était en quantité trop faible pour l'examen à l'appareil ordinaire. Placé dans une auge de quartz de 10^{mm} d'épaisseur, il transmet sans grand affaiblissement les raies 9 et 10; la raie 12 est affaiblie, 14 très affaiblie, on ne distingue rien au delà. — Sous une épaisseur de $6^{mm},7$, les raies 17 et 18 sont perceptibles, sous $3^{mm},3$ on distingue jusqu'à 24 qui est à peine visible.

M. le prof. Gosse a eu l'obligeance de me procurer quelques échantillons du liquide céphalo-rachidien de l'homme, extrait, cela va sans dire, longtemps après la mort et ayant pu par conséquent subir une altération.

1° Homme âgé de 65 ans environ; cause du décès: asphyxie par immersion. Liquide un peu sanguinolent, extrait 57 heures après la mort, observé 18 h. plus tard. — Beaucoup plus opaque que le liquide du chien. La bande caractéristique de l'albumine ne se manifeste pas, tout au plus peut-on signaler une légère inflexion de la courbe entre 17 et 18; mais entre 20 et 22 il paraît y avoir une faible bande, tout au moins une forte inflexion.

2° Homme âgé de 45 ans; cause du décès : alcoolisme

(épilepsie?). Des désordres dans le cerveau sont constatés à l'autopsie. Liquide très trouble, sanguinolent, extrait 69 heures après la mort, observé 19 h. plus tard. Le sujet est donc dans des conditions anormales. — L'absorption est beaucoup plus énergique qu'avec le N° 1, particulièrement pour la partie peu réfrangible du spectre; mais on remarque la même inflexion entre 20 et 22. — En étendant le liquide d'eau distillée on observe les mêmes caractères.

3° Jeune fille de 17 ans; cause du décès : embolie dans le cerveau. Liquide pris dans les ventricules, très peu sanguinolent, extrait 36 heures après la mort, observé 4 heures plus tard. — L'absorption est plus forte qu'avec le N° 1, mais notablement plus faible qu'avec le N° 2 ; l'inflexion entre 20 et 22 est manifeste; la transparence est sensiblement la même pour 18, 20 et 22; mais il est difficile de décider s'il y a positivement une bande dans cet intervalle.

Je m'abstiens de toute hypothèse sur la nature des substances qui peuvent produire l'absorption énergique du liquide céphalo-rachidien; la discussion serait prématurée. Je me borne à consigner dans le tableau N les résultats obtenus, y compris ceux qui se rapportent au liquide du chien et qui, quoique très incomplets, peuvent être utiles comme terme de comparaison.

Liquide de l'amnios du mouton. — 1er échantillon; 1 mois de gestation, peu coloré; il s'est formé un caillot dans le flacon où le liquide a été recueilli. — Beaucoup moins absorbant que les liquides précédents; la bande d'aborption de l'albumine est sensible; la courbe présente en outre une inflexion entre 20 et 22. L'addition de soude

trouble la liqueur et fait disparaître la bande de transparence sur 18.

2me échantillon. — Près de terme; coloré en jaune brun, peu limpide; il s'est formé un dépôt jaunâtre dans le flacon. — Le liquide est moins transparent que le précédent dans la partie la moins réfrangible jusqu'à 14; mais il l'est d'avantage entre 17 et 29. La bande de l'albumine ne se manifeste pas, tout au plus remarque-t-on une légère inflexion de la courbe vers 17; une autre inflexion entre 20 et 22 est plus prononcée.

Le caractère saillant du liquide amniotique est, en résumé, sa transparence plus grande que celle des autres liquides animaux (voir le tableau N).

Sérosités pathologiques. — Je dois à l'obligeance de M. le prof. D'Espine et de M. le Dr A. Wartmann d'avoir pu examiner quelques humeurs séreuses dans des cas pathologiques, à savoir : 1° sérosité du tissu cellulaire des parois abdominales; 2° liquide provenant d'une ponction pleurétique; 3° ascite abdominale; 4 kyste de l'ovaire.— Ces liquides sont en général très opaques et manifestent d'une manière prononcée la bande de l'albumine; la transparence est très variable dans la partie peu réfrangible de l'ultra-violet, et paraît dépendre beaucoup de matières colorantes.

Les tableaux suivants M et N contiennent les résultats numériques relatifs aux divers liquides dont nous avons parlé en dernier lieu. Il me paraît inutile de donner les courbes d'absorption correspondantes.

Tableau M. — **Sang (défibriné).**

	Sang de veau.	Sang de bœuf.						Sang de bœuf oxycarboné.	
Degré de dilution.	$\frac{1}{40}$	N° 1. $\frac{1}{40}$	N° 1. $\frac{1}{80}$	N° 2. $\frac{1}{200}$	N° 1. $\frac{1}{400}$	N° 3. $\frac{1}{40}$	N° 5. $\frac{1}{40}$	N° 5. $\frac{1}{40}$	N° 4. $\frac{1}{40}$
Raies.	mm					mm	mm	mm	mm
Mg (λ = 383)	5,1	mm	mm	—	—	3,71	2,66	5,6	5,9
9	—	5,0	8,55	—	—	5,7	4,32	5,25	5,8
10	—	3,7	—	—	—	4,1	3,75	3,9	3,9
Zn (raie double) [1]	—	—	—	—	—	4,42	4,3	—	3,4
12	—	3,5	—	—	—	3,2	3,2	4,3	3,2
Mg (λ = 309)	9,2	—	—	—	—	5,11	5,77	6,75	4,1
14	—	3,7	7,35	—	—	4,05	—	—	3,95
Mg (λ = 293)	6,9	—	—	—	—	3,6	4,2	4,40	4,6
16	—	1,7	2,85	mm	mm	1,8	—	—	1,4
17	4,55	2,72	5,2	8,1	20,55	2,7	—	—	2,81
18	5,25	2,95	6,3	9,7	22,0	3,21	—	—	3,6
20	—	2,6	4,95	—	—	2,2	—	—	2,97
22	1,55	0,95	1,25	2,85	7,4	0,8	—	—	0,95
24	0,85	0,32	0,6	1,45	—	0,37	—	—	0,42
25	0,2	—	0,25	1,03	—	0,25	—	—	0,27
26	0,3	—	0,25	0,72	—	0,1	—	—	0,22
27	—	—	—	0,4	—	0,05	—	—	0,07
28	—	—	—	0,25	—	0,04	—	—	0,04
29	—	—	—	—	—	0,02	—	—	0,02

[1] La double raie du zinc, comprise entre les raies 11 et 12 du cadmium, a une intensité notablement plus grande que ces dernières; les chiffres qui leur correspondent sont donc relativement trop faibles.

Tableau N. — **Liquides animaux.**

Raies.	Salive.	Urine.	Liquide céphalo-rachidien.				Liquide de l'amnios. Mouton.		Sérosités pathologiques.			
			Chien.	Homme.								
				N° 1.	N° 2.	N° 3.	1 mois de gestation.	Près de terme.	Tissu cellulaire abdominal.	Ponction pleurétique.	Ascite abdominale.	Kyste de l'ovaire.
Mg (λ = 383)	—	mm	—	—	mm 0,8	—	—	mm	—	mm	mm	—
9	mm	12,05	—	—	—	—	—	51,9	—	51,0	6,7	mm
10	Dépasse 22	—	—	—	—	mm	—	51,9	—	31,0	6,4	25,3
Zn (raie double)	—	—	—	—	0,25	3,0	—	52,0	mm	—	—	—
12	4,15	5,25	—	mm	—	—	—	21,0	Dépasse 66	11,4	1,9	7,8
Mg (λ = 309)	—	—	mm	4,2	0,2	1,4	mm	—	—	—	—	—
14	3,3	—	Dépasse 10	2,4	—	—	22,0	16,7	4,0	1,7	1,05	1,6
Mg (λ = 293)	—	—	—	2,8	0,2	1,0	—	—	—	—	—	—
17	2,82	0,55	—	1,55	0,25	0,8	8,7	11,9	2,6	0,57	0,97	0,55
18	3,37	0,45	Dépasse 6,7	1,2	0,17	0,35	9,0	9,37	3,95	1,12	1,27	1,07
20	2,3	—	—	0,9	0,12	0,3	5,3	6,0	3,05	0,95	0,8	0,9
22	1,23	Insensible.	—	0,92	0,16	0,35	2,1	5,0	0,62	0,04	0,2	0,05
24	0,7	—	Dépasse 3,3	0,45	0,08	0,25	1,3	3,5	0,3	Insensible.	0,09	Insensible.
25	0,37	—	—	0,3	0,07	0,15	0,57	2,22	0,2	»	0,02	»
26	0,13	—	—	0,25	0,06	0,1	0,32	1,8	0,1	»	0,01	»
27	0,02	—	—	0,1	Insensible.	—	0,05	0,8	Insensible.	»	Insensible.	»
28	Insensible.	—	—	Insensible.	»	—	0,03	0,5	»	»	»	»
29	»	—	—	»	»	—	0,01	0,05	»	»	»	»

Note sur l'observation de la partie la moins réfrangible du spectre ultra-violet.

La mesure de l'épaisseur du liquide qui amène l'extinction est difficile pour certaines parties du spectre du cadmium ou du zinc et cadmium. C'est ce qui a lieu en particulier pour la région comprise entre les raies 12 et 16 du cadmium, à cause de la faible intensité de 12 et 14 et surtout de 13 et 16 (qui se confond avec 15). Or comme on a pu le remarquer, plusieurs des produits dont il a été question plus haut présentent des bandes dans cette région. Il y a avantage pour leur observation à employer la lumière du spectre magnésium-zinc, qui donne les raies suivantes, assez également espacées et comparables par leur intensité aux raies 17 et 18 du cadmium:

1° Raie du magnésium, $\lambda = 383$, près de L du spectre solaire.

2° Double raie du zinc (paraissant unique si la fente du spectroscope est large) comprise entre 11 et 12 du cadmium.

3° Raie du magnésium, $\lambda = 309$, près de S du spectre solaire.

4° Raie du magnésium, $\lambda = 293$, près de U du spectre solaire.

Quant à la raie quadruple du magnésium, $\lambda = 279{,}5$, près de 17 du cadmium, son intensité est beaucoup trop grande, pour qu'on puisse la comparer aux autres; on peut s'en servir utilement dans certains cas, mais il faut la laisser de côté dans la construction des courbes.

Le magnésium, toutefois, n'est pas sans inconvénients

comme source de lumière : il ternit rapidement la lentille de concentration qu'il faut nettoyer plus souvent, il s'use promptement, et il y a une certaine inconstance dans l'intensité des raies qui lui appartiennent.

D'ailleurs, comme nous l'avons dit précédemment, il ne faut pas attribuer aux résultats obtenus une précision que la méthode ne comporte pas pour les valeurs absolues ; ce qu'elle peut donner, c'est une première approximation qui a bien son intérêt et son importance.

RÉSUMÉ

Les principaux résultats des recherches qui font l'objet de ce mémoire sont les suivants :

1° L'humeur aqueuse et l'humeur vitrée se comportent d'une manière à peu près identique au point de vue de l'absorption. Très transparentes pour les rayons moins réfrangibles que la raie S du spectre solaire, elles sont très absorbantes pour les radiations plus réfrangibles. Leur spectre est caractérisé par une bande d'absorption prononcée coïncidant avec les raies 16 à 18 du cadmium, suivie d'une bande de transparence relative sur la raie 22.

La substance à laquelle ces propriétés d'absorption doivent être attribuées n'est pas encore déterminée; elle doit être cristalloïde.

2° La cornée intercepte les radiations plus réfrangibles que la raie U du spectre solaire.

3° Le cristallin est très absorbant pour les rayons ultra-violets extrêmes; on a trouvé pour limite de transparence la raie L avec le cristallin du bœuf, la raie O avec le cristallin du veau, la raie Q avec le cristallin du mouton et de

l'homme. — Il y a d'ailleurs des différences sensibles suivant les échantillons.

En délayant le cristallin dans l'eau on obtient une solution qui, par les propriétés d'absorption, se rapproche beaucoup de l'albumine.

4° L'absorption exercée par l'ensemble de ces milieux, c'est-à-dire par l'œil entier de l'homme, ne paraît pas pouvoir permettre la transmission jusqu'à la rétine des radiations dont la réfrangibilité dépasse celle des rayons ultra-violets solaires.

5° La limite de la sensibilité de la rétine pour les rayons ultra-violets perçus directement, est moindre que celle à laquelle on atteint en employant l'oculaire fluorescent.

6° Il est possible que la fluorescence ait joué un rôle dans les cas exceptionnels où l'on a signalé une perception de rayons plus réfrangibles que ceux du Soleil.

7° Toutes les substances albuminoïdes qui ont été examinées sont caractérisées par une bande d'absorption sur 17, suivie d'une bande de transparence sur 18; elles sont très absorbantes à partir de 22. Il est donc probable que ces substances doivent leurs propriétés d'absorption à un principe commun entrant dans leur constitution.

8° L'action des alcalis sur les substances albuminoïdes modifie leurs propriétés d'absorption et fait disparaître la bande de transparence sur 18.

9° La gélatine est beaucoup moins absorbante que les substances albuminoïdes et ne présente pas de bande d'absorption.

10° L'action des alcalis sur l'humeur aqueuse est très complexe et diffère de celle qu'ils produisent sur les substances albuminoïdes.

11° Un grand nombre de corps entrant dans la composition de l'organisme animal ont été étudiés; on n'a jusqu'ici retrouvé chez aucun d'eux les propriétés d'absorption des humeurs aqueuse et vitrée.

12° Parmi ces corps, il en est plusieurs dont le spectre est caractérisé par une ou deux bandes d'absorption; tels sont l'acide urique, l'acide oxalurique, le cyanate de potassium, la sarcine, la xanthine, la tyrosine. Le spectre de ce dernier corps se rapproche de celui de l'albumine; l'action des alcalis est analogue.

13° L'hydroquinne qui, comme la tyrosine, contient un groupe paraoxyphényle, donne un spectre peu différent.

14° Quelques liquides animaux ont aussi été étudiés. Le sang, outre la bande d'absorption du violet signalée dans un précédent mémoire, présente deux bandes dans l'ultra-violet, l'une tombant sur la raie 12 du cadmium, l'autre sur la raie 17; cette dernière est évidemment due à la sérine. — La bande des substances albuminoïdes se retrouve dans la salive, les sérosités pathologiques, et quelquefois dans le liquide de l'amnios. — Le liquide céphalo-rachidien, qui est très absorbant, ne présente pas ce caractère, mais entre les raies 20 et 22 du cadmium, sa courbe d'absorption accuse une bande d'absorption peu prononcée, ou tout au moins une inflexion.

SUR LES
CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES

PAR

M. le Dr C.-E. GUILLAUME

Dans un précédent mémoire[1] sur le même sujet, je rendis un compte succinct des travaux à moi connus qui s'y rapportent, et, après avoir cité les résultats de mes expériences, j'essayai de soumettre à une discussion théorique les opinions émises pour expliquer les phénomènes observés dans les condensateurs électrolytiques; le résultat de ce premier travail fut une réfutation de l'hypothèse du condensateur unique, où le liquide agirait comme diélectrique, en faveur de celle qui envisage la cellule comme système de deux condensateurs.

Dès lors j'entrepris de nouvelles expériences, et pris connaissance d'importants travaux, qui m'avaient échappé jusque-là; je citerai en particulier ceux de M. le docteur Bartoli (publiés en partie dans le *Nuovo Cimento*, 1879-82), que l'auteur eut l'obligeance de mettre à ma disposition; je dois dire en passant qu'ils contiennent

[1] Voy. *Archives*, février 1883, t. IX, p. 121. Les deux mémoires ont été réunis dans une thèse inaugurale publiée à Zurich en juin 1883.

quelques observations que je publiai dans mon premier mémoire, les croyant nouvelles.

M. Bartoli pense que les phénomènes observés peuvent être expliqués en supposant que la cellule ou auge électrolytique agit d'une manière analogue à un élément secondaire[1]; or cela ne peut avoir lieu que par décomposition de l'électrolyte, et, pour n'être pas en contradiction avec le principe de la conservation de l'énergie, l'auteur, développant une hypothèse émise par M. Clausius[2], part de la supposition suivante (p. 18) :

« Un électrolyte liquide, dont la molécule exigerait théoriquement pour sa décomposition une quantité de chaleur Q, et partant, une force électro-motrice a Q daniell, contient un certain nombre de molécules qui exigent, pour se décomposer, une quantité de chaleur inférieure à Q, variable pour les diverses molécules de Q à zéro; et, par conséquent, une force électro-motrice comprise entre a Q daniell et zéro : le nombre relatif de ces molécules, que je nommerai dissociées partiellement, croît rapidement avec la température, et pour une température donnée, à un moment donné, dépend en partie de l'histoire précédente du liquide. »

Cette hypothèse spécialisée convenablement lui permet d'expliquer d'une manière satisfaisante les phénomènes qu'il a observés; cependant la base de cette supposition serait une variabilité des propriétés primordiales de la matière; elle conduirait à admettre différents degrés de perfection dans la constitution de molécules se trouvant momentanément dans des circonstances identiques, et il

[1] Su la corrente residua data dai deboli elettromotori, e su la costituzione degli elettroliti. *Nuovo Cim.*, mai 1882.

[2] *Pogg. Ann.*, CI, p. 338 (1857).

ne me semble pas que le seul phénomène du courant de *convection* suffise à la légitimer, tant que ce courant peut être expliqué autrement. Nous verrons au reste que l'on peut rattacher à la théorie de la cellule-condensateur un des principaux arguments de M. Bartoli.

I

Dans mon premier mémoire, je ramenai à une formule la marche des phénomènes dans un condensateur dont le diélectrique conduit l'électricité; mais cette formule est compliquée, et, je dois le dire, d'une utilité discutable dans le cas présent, plusieurs conditions du problème étant mal définies. Des considérations très simples donnent un résultat plus satisfaisant.

1. La différence de potentiel aux armatures d'un condensateur intercalé dans un circuit contenant la force électro-motrice E varie d'après l'équation :

$$P_a - P_b = E\left(1 - e^{-\frac{1}{cr}t}\right) \qquad \text{I}$$

en employant la désignation ordinaire; les conditions initiales sont : pour $t = o$, $P_a = P_b = o$.

2. Supposons deux condensateurs réunis en cascade, et dont les diélectriques possèdent les résistances r_a et r_b ; soit Σr la somme des résistances du circuit; les différences de potentiel aux armatures, l'état stationnaire une fois établi sont :

$$\left.\begin{aligned} P_a - P_a' &= E\,\frac{r_a}{\Sigma r} \\ P'_b - P_b' &= E\,\frac{r_b}{\Sigma r} \end{aligned}\right\} \qquad \text{II}$$

3. Il résulte de ce qui précède, que les résistances du circuit influent sur la rapidité des phénomènes (d'après I), et la répartition du potentiel dans le circuit (d'après II); l'augmentation de la résistance aux électrodes, dans le cas d'un condensateur électrolytique (voy. 1er mémoire, *Résistance*) en augmentant la différence de potentiel aux armatures des condensateurs hypothétiques (d'après II) pendant le cours de la charge ralentit le phénomène; il en résulte que la véritable durée de la charge est beaucoup plus considérable que celle qui résulterait de l'équation I.

Passons maintenant à la discussion annoncée à propos d'un argument de M. Bartoli : Il trouve d'abord par l'expérience que, pendant les premiers instants du passage du courant par un *voltamètre* à platine et eau acidulée (avant que les électrodes soient *polarisées*), la loi d'Ohm est vérifiée pour toutes les forces électro-motrices[1], et en conclut que, dans tous les cas, le phénomène de la conduction doit être identique; la vérification expérimentale de cette loi eut lieu de la manière suivante : Un circuit contient un voltamètre, une force électro-motrice variant entre 0,05 et 8 daniells, un rhéostat dont la résistance est comprise en nombres ronds entre 80,000 et 300,000 ohms et un galvanomètre dont l'aiguille effectue une demi-oscillation en 1″ environ; on trouve alors que la première oscillation de l'aiguille (proportionnelle à l'intensité du courant pendant la première seconde) varie en raison directe de la force électro-motrice, et en raison

[1] Su le polarità galvaniche e su la decomposizione dell' acqua, etc. *Nuovo Cim.*, avril 1879.

Herwig (Weitere Untersuchungen über Flüssigkeitszellen als Condensatoren, *Wiedemann's Ann.*, Bd. VI, März 1879) cite le même fait.

inverse de la résistance totale du circuit. Les électrodes du *voltamètre* employé par M. Bartoli avaient chacune une superficie de 60 cm^2; envisagé comme condensateur, cet appareil devait avoir, d'après mes mesures, une capacité de l'ordre de 10,000 microfarads. Or, supposons la cellule-condensateur remplacée par un condensateur diélectrique d'égale capacité (ce qui, évidemment, ne peut être réalisé pratiquement); on peut montrer que la loi d'Ohm serait apparemment vérifiée dans les mêmes circonstances pour le conduit non fermé reliant les armatures.

L'intensité du courant (supposé stationnaire) sera en chaque instant exprimé par :

$$i = \frac{E - (P_a - P_b)}{r}$$

E étant la force électro-motrice, P_a et P_b les potentiels des armatures; en remplaçant $P_a - P_b$ par la valeur trouvée précédemment, on aura :

$$i = \frac{E}{r} e^{-\frac{1}{cr}t} = \frac{E}{r}\left(1 - \frac{t}{cr} + \frac{t^2}{2c^2r^2} \cdots\right)$$

Dans le cas précédent on a approximativement :

$$\frac{t}{cr} = \frac{1}{10000 \times 10^{-15} \times 100000 \times 10^{9}} = 10^{-3}$$

Donc, jusqu'à 0,001 près :

$$i = \frac{E}{r}$$

La loi d'Ohm est donc vérifiée pendant la première

oscillation de l'aiguille jusqu'à l'approximation de 1 millième, qui est au-dessous des erreurs d'observation. J'ai supposé le circuit complètement interrompu par le diélectrique ; mais, si l'on remplace le condensateur ordinaire par une cellule-condensateur dans laquelle la résistance au moment initial est relativement faible, le résultat sera encore plus avantageux ; le phénomène en question est donc expliqué par la théorie à laquelle je me suis rattaché.

II

L'hypothèse de deux condensateurs exige que l'auge puisse être traversée entièrement par un courant électrique, et, en ceci l'expérience confirme pleinement le raisonnement, puisqu'il n'y a plus aucune condensation appréciable lorsque les électrodes sont séparées par une paroi isolante ; il reste maintenant à expliquer cette conduction. Une conductibilité *métallique* des liquides supérieure à celle des bons isolateurs n'est en général pas admise, et une électrolyse primaire par des forces électromotrices minimes ne peut être expliquée que par l'hypothèse développée par M. Bartoli, que nous voulons essayer d'éviter ; il reste enfin la *convection* que M. de Helmholtz attribue à une électrolyse secondaire entretenue par les gaz (en particulier l'hydrogène) renfermés dans les électrodes et dissous dans le liquide [1] ; les expériences dont je vais rendre compte me paraissent concorder avec cette opinion.

[1] Ueber electrische Polarisation in gasfreien Flüssigkeiten. *Berliner Berichte*, 21 juillet 1873.

Preuve qualitative.

Dans toutes les expériences ultérieures, les électrodes employées étaient en platine [1], et l'électrolyte une solution de sulfate de cuivre ; le courant de convection aura donc lieu d'après le diagramme :

$$+ \mid 2\,H \qquad + \underbrace{SO_4\,Cu = H_2\,SO_4}_{\longrightarrow} + Cu \mid -$$

L'électrolyse se produit par une force électro-motrice si faible qu'elle soit, puisque la formation de l'acide sulfurique dégage plus de calories que la décomposition d'une quantité équivalente de sulfate de cuivre n'en absorbe ; le résultat sera le dépôt de cuivre métallique sur l'électrode négative.

Je vérifiai ce fait en conduisant un courant produit par 1 daniell au travers d'une auge dont l'électrode positive avait une superficie de 4400 mm^2, tandis que l'électrode négative formée par la coupe transversale d'un fil soudé dans un tube de verre n'avait que 0,05 mm^2 environ. Au bout d'un instant, le fil fut recouvert d'une couche très mince de cuivre [2].

Les phénomènes secondaires de cette électrolyse sont aisés à prévoir.

[1] Des recherches récentes ont montré qu'un grand nombre de métaux condensent à leur surface des quantités appréciables d'hydrogène ; les résultats trouvés par l'expérience pour les électrodes de platine pourront donc être étendus à d'autres.

[2] Quelques mois après cette observation, j'eus connaissance d'une note de M. Bartoli intitulée : « Una nuova esperienza sulla elettrolisi con deboli elettromotori, » 1879, dans laquelle l'auteur cite des phénomènes analogues.

L'hydrogène se propageant dans le platine avec une grande lenteur, au premier instant, celui qui se trouve à la surface participera seul au phénomène, et le courant de charge s'affaiblira aussitôt ; puis il sera entretenu par l'hydrogène se dégageant peu à peu de l'électrode positive ; alors, l'intensité du courant dépendra essentiellement du mouvement de l'hydrogène, et ne sera fonction de la résistance du circuit et de la force électro-motrice qu'autant que ces facteurs influent sur le mouvement de l'hydrogène ; enfin, l'électrode positive jouera un rôle prépondérant.

Ce qu'on nommera résistance du circuit sera le rapport entre l'intensité du courant et la force électro-motrice employée ; cette résistance n'est qu'une grandeur de convention. Il est à remarquer que la cellule ne devient condensateur qu'à partir du moment où la provision d'hydrogène à la surface de l'électrode positive est devenue assez faible pour que l'électrolyse soit retardée, et qu'il y ait une résistance apparente, et par conséquent une chute de potentiel entre l'électrode et la première couche liquide ; donc, si l'électrode positive contient un excès d'hydrogène, la charge pourra être beaucoup plus forte que la décharge.

Preuve quantitative.

Il reste à se persuader que la quantité d'hydrogène nécessaire à la transmission du courant de charge mesuré peut, en effet, être condensée à la surface du platine.

Pour charger complètement un condensateur électrolytique dont les électrodes avaient chacune 4500 mm^2 de superficie, il fallait une quantité d'électricité toujours

inférieure à 0,02 coulombs, au moins dans l'emploi de potentiels où l'on ne pouvait encore attribuer à des phénomènes secondaires un rôle perturbateur (voy. *Résistance*); par conséquent, la masse de cuivre déposée était inférieure à $0,02 \times 0,3308$ mgr. $< 0,007$ mgr. équivalant à une masse d'hydrogène $< 0,00022$ mgr. c'est--dire, par mm^2 de l'électrode positive : $< 0,5 \times 10^{-7}$ mgr.; or, depuis les travaux classiques de Sir W. Thompson, nous savons que la masse d'une couche moléculaire d'eau de 1 mm^2 de surface est de l'ordre de 10^{-7} mgr. Si nous supposons maintenant que l'hydrogène puisse être condensé à la surface du platine comme dans l'eau, ce qui n'est pas contradictoire, puisqu'il n'est plus là à l'état gazeux proprement dit, alors la masse d'hydrogène calculée ne représentera même plus une couche moléculaire complète. Cette quantité peut être admise sans arrière pensée.

Résistance.

Dans mon premier article, je rendis compte de quelques expériences préliminaires sur la résistance de la cellule dans le sens précisé ci-dessus. Dans la suite, la détermination de la résistance se réduisait à une mesure de l'intensité du courant, et à un calcul approprié.

La première déviation de l'aiguille dans la charge et la décharge était employée au calcul de la capacité, puis la marche du courant était observée pendant 40 minutes dans la charge, 10 minutes dans la décharge; l'intensité diminuait à peu près asymptotiquement; la force électromotrice varia de dixième en dixième de daniell, ou par intervalles plus rapprochés, de 0 à 1, 2 dan. point où

commence l'électrolyse du sulfate de cuivre ; cas échéant, une dérivation était adjointe au galvanomètre.

Une première série de mesures de la capacité par les décharges après une durée de charge minime (1″ ou 5″) confirma les relations trouvées précédemment entre la capacité et le potentiel ; tandis que, dans les nouvelles mesures, la capacité calculée par la première déviation de l'aiguille dans la charge montra une augmentation jusqu'au point où commence l'électrolyse ; celle résultant de la première déviation dans les décharges après une durée de charge considérable (plus de 40 minutes) augmenta rapidement jusque vers 0,6 — 0,7 Daniell, puis devint à peu près constante.

La courbe de l'intensité du courant après 40 min. en fonction du potentiel montait d'abord moins rapidement, puis plus rapidement que celui-ci ; la résistance résultant de ces observations augmente par conséquent, puis diminue ; le maximum se trouve vers 0,7 dan. et, en ce point, elle est 2 à 3 fois plus forte que pour 0,1 dan. Une croissance de la résistance avait été prévue ; quant à la diminution observée à partir de 0,7 dan. on peut, je crois, l'attribuer à de légères impuretés, autrement dit à de petites quantités de sels électrolytiques dissous dans le liquide de l'auge (silicates qui se détachent du vase, poussière, etc.) et dont l'électrolyse commencerait vers 0,7 dan ; vu la faiblesse du courant observé (inférieur à 10^{-4} ampère), il est évident qu'il pourrait être entretenu par électrolyse de corps étrangers, sans que, pour autant, le liquide pût être qualifié d'impur ; nous pourrions, il est vrai, avoir recours aux molécules partiellement dissociées de M. Bartoli ; mais ici encore, je crois que l'on peut s'en passer.

Si l'on compare la relation entre la capacité et le potentiel, trouvée par les différentes méthodes, l'hypothèse suivante me paraît assez vraisemblable : La résistance aux surfaces en contact étant relativement faible au commencement de la charge, lorsqu'on ne charge le condensateur que pendant un temps relativement court, il est loin d'être chargé complètement au moment initial de la décharge ; de plus, il se décharge en grande partie intérieurement ; naturellement, cela est d'autant plus sensible que, pour le potentiel employé, la résistance est plus faible ; cela posé, je crois que la capacité augmente avec le potentiel jusqu'à une valeur limite, qui est atteinte lorsque l'épaisseur des condensateurs hypothétiques formés par les surfaces voisines de l'électrode et du liquide est arrivée à son minimum. Dans les charges et les décharges, il y a des erreurs en plus ou en moins, d'autant plus grandes que la résistance est plus faible. La mesure de la capacité au moyen des décharges après une durée de charge considérable conduit sans aucun doute aux résultats les moins entachés d'erreurs, car alors, pendant la décharge, la résistance au contact est très grande, et les pertes minimes. Dans toutes ces expériences, la résistance propre du liquide était parfaitement négligeable. Des mesures faites en employant des électrodes de cuivre et des électrodes de platine et une force électro-motrice de 1 dan. me montrèrent que, dans les deux cas, cette résistance est du même ordre de grandeur.

La méthode consistait à mesurer l'augmentation de résistance, autrement dit la diminution de l'intensité du courant produite en intercalant entre les électrodes un tube capillaire ; ainsi se trouvait éliminée la résistance au contact ; or cette méthode pèche par la base, ainsi qu'une

vérification le montra à l'évidence; la raison en est que les résistances du circuit exercent une grande influence sur celle des surfaces en contact, qui se trouve augmentée ou diminuée suivant les cas; elle permet tout au plus la conclusion que j'en ai tirée, et je cite ces expériences seulement pour mettre en garde contre cette méthode, qui a été employée dans des recherches analogues. MM. de Helmholz et Bartoli ont trouvé que la résistance totale du circuit reste à peu près égale à la résistance aux électrodes, tant que la somme des autres résistances lui est inférieure ; ce résultat est au reste une conséquence immédiate de la théorie. J'ai cité précédemment les expériences de M. Bouty sur la résistance des liquides pour les courants de convection.

Influence de l'hydrogène dans les électrodes.

Des lames de platine de grandeurs différentes furent chargées d'hydrogène par électrolyse de l'acide sulfurique étendu, et placées avec d'autres privées de gaz par la chaleur, dans une auge contenant une solution de sulfate de cuivre, de telle sorte qu'on pouvait combiner à volonté des électrodes grandes ou petites, chargées ou non d'hydrogène; comme dans les dernières mesures, j'observai le courant de charge et de décharge produit par 1 dan. La différence des électrodes se trahissait par un faible courant allant à l'intérieur de l'auge, vers l'électrode chargée d'hydrogène. Dans toutes les expériences, l'effet de l'hydrogène se montra dans les petites électrodes relativement plus considérable que dans les grandes.

Par exemple, avec deux électrodes de 30^{mm^2} chacune,

la première déviation de l'aiguille fut seulement 3 à 4 fois plus forte, entrant dans l'auge par l'électrode chargée, que dans le cas contraire ; mais, dans le premier cas, le courant ne s'affaiblit que très lentement, tandis que dans le second, il diminua bientôt jusque vers zéro ; après une minute, le rapport entre les deux courants était 50, après 10 minutes, environ 250 ; le courant décelait un écoulement d'hydrogène dépassant $^{1}/_{4}$ mm^3 par mm^2 et par minute (l'hydrogène supposé gazeux et dans les conditions normales).

Rôle des deux électrodes.

En combinant entre elles des électrodes de même nature, mais de grandeurs différentes, j'observai toujours que l'électrode positive joue un rôle prépondérant, surtout pour les potentiels élevés [1]; cependant la grandeur de l'électrode négative n'est pas sans influence, surtout lorsque la surface de l'électrode positive est considérable. La première déviation de l'aiguille dans le courant de charge et de décharge est relativement plus forte pour les petites électrodes que pour de plus grandes; les deux électrodes étant égales, l'intensité du courant ne devient approximativement proportionnelle à leur surface qu'après un certain temps [2]. Avec deux paires d'électrodes de 4400 mm^2 et 0,05 mm^2 de superficie, et une force électro-motrice de 1 dan. j'obtins les nombres suivants (G désigne une grande électrode, P une petite) :

[1] Voy. Blondlot, Recherches expérimentales sur la capacité de polarisation voltaïque.

[2] M. Bartoli observa une proportionalité presque parfaite après un temps très long.

DIRECTION du COURANT	CHARGE		DECHARGE	
	Première déviation.	Après 1 minute.	Première déviation	Après 1 minute.
De P à P	6	?	4	?
De P à G	14	?	6,2	?
De G à P	3200	1300	2700	950
De G à G	4400	1600	3300	280

Les recherches qui suivirent ne présentent pas grand intérêt.

Pour terminer, je crois pouvoir dire que, si l'on prend en considération l'impureté admissible d'un liquide électrolytique préparé avec soin, laquelle trouble la marche des phénomènes, les résultats des expériences décrites dans ce mémoire appuient l'hypothèse d'où nous sommes parti, mais sans démontrer l'impossibilité de celle qu'admet M. Bartoli.

Fleurier, septembre 1883.

SOIXANTE-SIXIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

ZURICH

Les 7, 8 et 9 août 1883

(Suite et fin.)

Géologie.

Président: M. le prof. Suess.

A la séance générale, M. le prof. Suess, de Vienne, parle *Sur la structure des Alpes.*

Les opinions sur la formation et la structure des grandes chaînes de montagnes ont essentiellement changé depuis peu de temps. On s'était habitué à parler généralement du *soulèvement* des montagnes. Le terme de « soulèvement » signifie dans ce cas un mouvement dirigé du centre de la terre vers sa surface suivant le rayon du globe terrestre. Cette manière de voir suppose une force motrice capable de soulever des chaînes de montagnes. Une telle force n'existe pas.

Autrefois, lorsqu'on ne connaissait qu'incomplètement l'action du volcanisme, on croyait avoir trouvé dans celui-ci cette force soulevante. Aujourd'hui on sait que les volcans les plus considérables sont des masses déposées et non soulevées. Les phénomènes volcaniques sont plutôt de nature explosive que soulevante. L'hypothèse de la force soulevante ne pouvait donc plus être soutenue. L'ancienne conception d'un soulèvement des Alpes qui se serait produit suivant un axe central, auquel se seraient ajoutées symétriquement des zones secondaires au nord et au sud, est tombée en même temps.

La connaissance de la structure réelle des Alpes n'a jamais fait un plus grand pas que par la publication de la *Géologie suisse* de Bernhard Studer. Cet ouvrage, publié à une époque où la théorie du soulèvement était en grande faveur, a le double mérite d'avoir avancé la science par les riches matériaux qu'il a réunis, et d'avoir ouvert la voie à des investigations ultérieures par la vérité absolue de ses indications. On y trouve réunis tous les documents nécessaires pour arriver tôt ou tard à une nouvelle manière de voir sur la formation des Alpes.

C'est là le plus grand éloge qu'un livre puisse mériter; Studer démontra par exemple l'absence d'un axe central et d'un groupement symétrique du Jura. Il établit le fait que le soi-disant axe central n'est pas composé d'une zone continue, mais de plusieurs masses centrales plus ou moins séparées variant de structure et de composition. Au sud, il ne se trouve point de zone secondaire; les masses centrales s'élèvent immédiatement à partir de la plaine de la Lombardie.

Après cette introduction, l'orateur développe l'état actuel de nos connaissances sur l'origine des Alpes. Le

cadre étroit d'un discours ne lui permet pas de citer les noms de tous les savants distingués qui se sont occupés de la question et dont un nombre considérable assistent à la séance. Leurs travaux rendent possible de donner aujourd'hui une idée juste des phénomènes qui ont accompagné la formation des Alpes.

En premier lieu, M. Suess parle des terrains qui entourent les Alpes à l'ouest et au nord, du plateau français et de la Forêt Noire. Il mentionne la grande dépression de la Franconie et de la Souabe pour s'occuper ensuite de la position de la grande masse bohémienne et de la continuation des Alpes dans les Carpathes. Puis l'orateur attire l'attention de l'assemblée sur le plateau russe avec ses couches horizontales siluriennes.

Après avoir démontré la variété géologique de ces pays dont les formations tantôt plongent sous les Alpes et tantôt constituent des massifs qui ont arrêté les chaînes des Alpes, l'orateur décrit les bords extrêmes de celle-ci.

Le Jura est limité au nord-ouest par une petite masse de gneiss (près de Dôle). A l'est il se continue vers la Forêt Noire.

En dedans du Jura nous trouvons le bord externe des Alpes. Celui-ci se continue avec une uniformité qui contraste fortement avec la variété des terrains environnants du lac Léman au lac de Constance ; il traverse ensuite la Bavière, décrit une ligne courbe autour de la masse bohémienne, se perd aux environs de Vienne, pour reparaître bientôt, et se continuer le long des Carpathes jusque vers la partie inférieure du Danube. Ce bord montre, partout où on a pu l'observer jusqu'à présent, des couches tertiaires moyennes, formant un ou

deux grands plis consécutifs. En dedans de ce bord apparaissent les séries de couches stratifiées plus anciennes, disposées en faisceaux de plis, ou superposées comme des écailles. Enfin nous rencontrons les véritables masses centrales. Au bord interne enfin nous trouvons une brisure de la chaîne. A l'ouest, la chaîne disparaît sous la plaine de la Lombardie.

La grande dépression, dans le fond de laquelle est située la mer Adriatique et qui se continue jusqu'à Méran, est très remarquable. Elle correspond exactement à la dépression que nous avons constatée en Franconie et en Souabe. De toutes ces observations, surtout si on les compare encore avec la structure des Apennins, il résulte que les Alpes ne sont pas rangées symétriquement autour d'un axe, mais qu'elles présentent une disposition unilatérale, comme le Jura, les Carpathes, etc. On a conclu de plus, que le mouvement tangentiel des parties supérieures du globe terrestre a joué un rôle considérable dans la formation de toutes ces chaînes. Cette opinion a été soutenue en Suisse par M. A. Heim. La cause primitive de tout ce mouvement serait à chercher dans la diminution de volume de la terre.

De ce que des couches tertiaires jeunes ont pris part à ce mouvement, on a voulu conclure à une formation relativement récente des Alpes. Mais il reste encore à décider si ce mouvement est déjà terminé, ou bien si nous devons considérer les tremblements de terre qui se font sentir dans différentes parties du globe comme l'effet de la même force qui a présidé à la formation des montagnes. Les catastrophes fréquentes nous paraissent prouver la justesse de cette opinion, et si nous plaignons leurs nombreuses victimes nous ne devons non plus

oublier que le globe terrestre doit probablement son relief et l'existence de la terre ferme à ces mêmes événements.

Dans la séance de section, M. ALPH. FAVRE, de Genève, présente une *Carte du phénomène erratique et des anciens glaciers du versant nord des Alpes.* Il signale entre autres un envahissement du glacier du Rhône du côté de Besançon, où il refoula le glacier jurassien. De Vallorbes au sud, les cols étant trop élevés, le glacier du Rhône ne pénétra pas dans les vallées du Jura.

M. le prof. NEUMAYR, de Vienne, parle *Sur les zones climatériques pendant les époques jurassique et crétacée* [1]. Les couches jurassiques et crétacées renferment des espèces différentes suivant leur distance de l'équateur. Ces différences étaient donc provoquées par une différence de climat. Dans la zone équatoriale, nous trouvons par exemple un développement considérable des genres *Phylloceras, Lytoceras, Simoceras;* et pendant l'époque crétacée des *Rudistes* très nombreux.

A cette zone appartiennent les couches des pays voisins de la Méditerranée, du Caucase, de l'Afghanistan, des Indes et de Madagascar, et aussi les formations correspondantes du Mexique, de l'Amérique centrale, du Pérou, etc.

En nous dirigeant vers le nord, nous rencontrons une zone tempérée avec d'autres espèces caractéristiques (*Oppelia tenuilobata*). Dans cette région, il faut ranger les couches de l'Europe centrale, des environs des lacs d'Aral et de la mer Caspienne, et de la Californie.

[1] Le mémoire complet sera publié dans les *Denkschriften d. Wiener Akademie math. Naturwiss. Classe*, vol. XLVI.

Enfin on peut constater une zone boréale où les genres *Phylloceras, Lytoceras, Simoceras, Oppelia, Aspidoceras* manquent presque complètement. Par contre on y trouve les *Cardioceras, Belemnites excentricus, Aucella,* etc.

Ces types sont répandus au Groënland, Spitzberg, Nouvelle-Zemble, aux bords des grands fleuves de la Sibérie, etc.

Quant à l'hémisphère méridional, on ne peut pas encore se prononcer avec assez de certitude sur sa faune crétacée et jurassique. Toutefois, le fait est constaté, que les couches jurassiques du Chili, du sud de l'Australie et du Cap appartiennent, d'après leur faune, à la zone moyenne et non à la zone équatoriale.

M. Schardt, de Montreux. *Sur les couches à Mytilus des Alpes vaudoises.*

« Les *couches à Mytilus,* appelées aussi *schistes à charbon,* et plus souvent encore *Kimmeridgien,* représentent dans les Alpes un facies des plus remarquables. Elles se trouvent exclusivement dans la zone latérale où elles forment une bande étroite, allant de la vallée de l'Aar jusque dans le Chablais, et limitée à quelques chaînes seulement.

Le charbon, rarement exploitable, qu'elles renferment avait attiré, dès le siècle dernier, l'attention des savants sur ce terrain ; mais ce n'est que vers 1827 que le professeur B. Studer en a le premier découvert et fait connaître la faune remarquable.

La plupart des géologues avaient placé les couches à Mytilus dans le kimmeridgien ; d'autres, en petit nombre, y voyaient un niveau plus ancien. En 1871, M. Coquand émit l'opinion que ce terrain pourrait bien être le correspondant des couches bathoniennes du Biot (Var). Cette

supposition se rapproche singulièrement de la vérité, ainsi que vient le prouver l'étude paléontologique de M. de Loriol, qui a reconnu dans les fossiles des couches à Mytilus une faune bathonienne.

Des recherches stratigraphiques sur ce terrain m'ont révélé des faits non moins concluants. Il est assez rare de pouvoir observer le substratum des couches à Mytilus. Chaque fois que cela est possible, c'est le *lias* qu'on voit affleurer peu en dessous de ses couches (Ormonts et Simmenfluh). Là où les couches à Mytilus font défaut, c'est le *malm qui repose directement sur le lias* (toarcien à fucoïdes), comme entre Aigle et Yvorne.

La superposition des assises dans les couches à Mytilus est assez variée, ainsi que la distribution des fossiles. D'après ce dernier caractère, on peut établir du haut en bas les niveaux suivants :

NIVEAU A MYES ET A BRACHIOPODES[1]. Lit marno-calcaire, épais d'environ trois mètres, riche en *Ceromya concentrica*, Sow.; *C. plicata*, Ag.; *Pholadomya texta*, Ag.; Mytilus *Laitmairensis*, P. de Lor.; *Eligmus polytypus*, Deslongchamps; de nombreuses *Limes* et *Ostracés*; *Rhynchonella Orbignyana*, Oppel; *Terebratula ventricosa*, Ziet., etc.

NIVEAU A MODIOLA IMBRICATA ET HEMICIDARIS ALPINA. Outre ces deux fossiles qu'on y trouve d'ordinaire très fréquemment, ce niveau renferme encore *Modiola Sowerbyana*, d'Orb.; *Natica Minchinhamptonensis*, P. de Lor.; etc.

[1] Des recherches plus récentes m'ont démontré que la couche à Myes, très constante partout dans ses caractères, n'est pas le niveau le plus supérieur des couches à Mytilus. Sur un certain nombre de points (chaîne du Rubli) les Ceromya et la Modiola imbricata réapparaissent *au-dessus* de cette couche, ce qui déplace un peu la limite entre le malm et le dogger que j'avais placée provisoirement au-dessus de la couche à Myes.

Niveau a fossiles triturés et a polypiers. Il est caractérisé par *Hemicidaris alpina*, Ag.; *Modiola imbricata*, Sow. ordinairement brisés; de nombreuses valves d'une petite Astarte (*A. rayensis*, P. de Lor.) et une grande quantité de *polypiers* parmi lesquels M. le prof. Koby a reconnu plus de 25 espèces nouvelles.

Niveau a matériaux de charriage. Les couches précédentes, d'épaisseur variable, reposent le plus souvent sur des bancs de grès et de conglomérats calcaires, accompagnés de lits d'argiles et de marnes ferrugineuses et siliceuses. Les lits de charbon et les traces de végétaux qui se trouvent dans tous les niveaux cités, sont ici plus fréquents qu'ailleurs. La seule plante déterminable est le *Zamites Renevieri*, Heer, qui se rencontre au Vuargny, près Aigle, dans la couche à Myes, avec des débris d'une plante de la famille des conifères (Thuites). Le niveau à matériaux de charriage est très inégalement développé et manque parfois.

La présence de débris végétaux dans tous ces niveaux est une preuve des plus évidentes de la persistance, pendant la formation des couches à Mytilus, de *terres émergées* sous forme d'îlots peu élevés et allongés. Leur alignement montre de plus que la direction du plissement des chaînes était déjà indiquée dès la fin de l'époque liasique.

Tel est, en peu de mots, le résultat de mes études stratigraphiques sur ce terrain intéressant. Un mémoire plus étendu sera joint à la monographie paléontologique de M. de Loriol, dans les *Mémoires de la Société paléontologique suisse* (Vol. X).

M. de Loriol rend compte du résultat de ses recherches *Sur les fossiles des couches à Mytilus des Alpes vaudoises* qui lui ont été communiqués.

Ces fossiles sont en très grand nombre, mais, malheureusement, mal conservés, en général, de sorte que plusieurs espèces n'ont pas pu être déterminées avec toute la précision désirable. Cette faune ne présente aucune espèce de Mollusques Céphalopodes; quatre espèces de Mollusques Gastéropodes ont été déterminés, il y en avait davantage, mais représentées par des échantillons trop imparfaits; ce sont les Mollusques Acéphales qui composent la presque totalité des espèces; il faut y ajouter un Oursin très abondant. Sur un total de 54 espèces qui ont pu être décrites, 22 sont nouvelles, et, par conséquent, pour le moment, du moins, ne peuvent servir à fixer le niveau du gisement; 15 espèces, par contre, qui ont pu être déterminées avec certitude, sont déjà connues et ont été recueillies ailleurs, dans des gisements qui appartiennent à l'étage bathonien. Ce sont, entre autres :

Thracia viceliacensis, d'Orbigny.

Ceromya concentrica, Sow.

Corimya lens, Agassiz.

Pholadomya texta, Agassiz.

Modiola imbricata, Sow.

Eligmus polytypus, Deslongchamps.

Lima cardiiformis, Sow.

Ostrea costata, Sow.

Ces espèces sont très caractéristiques de l'étage bathonien. Les 17 espèces qui restent sont des espèces qui sont également connues, et qui sont bathoniennes, mais dont la détermination ne présente pas une certitude aussi grande à cause de l'état de conservation des échantillons, et, de plus, un Oursin, l'*Hemicidaris alpina,* bien connu, mais spécial jusqu'ici aux couches à Mytilus.

Le *Ceromya concentrica,* le *Pholadomya texta,* le *Modiola*

imbricata, une espèce nouvelle, le *Mytilus laitmairensis,* l'*Ostrea costata,* l'*Hemicidaris alpina,* sont à peu près les espèces les plus abondantes.

On peut affirmer que pas une seule des espèces examinées n'appartient au terrain kimméridien, aux couches jurassiques supérieures.

L'étude des fossiles établit certainement que les couches à *Mytilus* appartiennent à l'étage bathonien.

Il est certainement probable que l'on arriverait au même résultat si l'on étudiait de près le gisement de la Brague près de Biot (Var), que Coquand soupçonnait déjà être bathonien, et sur lequel il a donné quelques détails dans le Bulletin de la Société géologique de France. Il est également probable, d'après ses indications, que la faune de ce gisement a les plus grands rapports avec celle des couches à Mytilus.

M. WOLF, de Sion, présente quelques *Minerais du Valais.*

M. le prof. MÜHLBERG, d'Aarau, parle *Sur les cailloux comprimés et écrasés.*

On connaît depuis longtemps les effets de pression produits par une pierre sur une autre qu'elle rencontre. On peut diviser ces effets en deux groupes :

a. Des cas où les causes des changements produits sont de nature chimique ou physique. Dans ces cas c'est ordinairement l'eau renfermant de l'acide carbonique qui agit. Les pierres ne sont pas cassées, elles présentent des excavations dues à la solution de certaines matières par cette eau. On en trouve des spécimens dans les poudingues tertiaires du Rigi et de l'Utliberg.

b. Un second groupe renferme les pierres dont la forme a été changée par une force mécanique, ordinairement la pression des pierres environnantes.

Ces changements ont d'abord été décrits par M. le professeur Bachmann à Berne. Les collections du Polytechnichum en possèdent des exemplaires.

M. Gutzwiller a décrit des faits analogues pour la Suisse orientale.

M. Mühlberg les a retrouvés dans les environs d'Aarau; mais ni dans des masses de pierres roulantes libres, ni dans des poudingues compacts. Ils étaient par contre fréquents dans la « löcherige Nagelfluh » (poudingue à trous) où les espaces entre les pierres ne sont pas remplis de matières étrangères. La pierre qui a subi une pression présente une ou plusieurs fentes béantes au point de la plus forte pression. Les morceaux sont souvent de nouveau réunis par l'infiltration de carbonate de chaux et forment ainsi un morceau entier. L'orateur en montre des spécimens. On a cherché la cause de ces déplacements et impressions dans la pression exercée par les anciens glaciers.

Cette explication convient aux pierres venues des Alpes, et rend en même temps témoignage de la solidité des roches dont elles proviennent. Mais au milieu des roches alpines M. Mühlberg a trouvé des morceaux de calcaire jurassique provenant des environs. La plupart présentent entre eux des phénomènes de pression différents de ceux des exemplaires amenés des Alpes. Leur surface est couverte par de petites fentes en forme de réseau. Du point de la plus forte pression ne partent pas seulement des fentes droites, béantes, mais de nombreuses déchirures entre-croisées. Quelques fragments conchoïdaux se

détachent de la pierre. Quelquefois l'écorce reste solide et renferme même des pierres qui par la pression y ont pénétré.

Parfois l'intérieur est complètement trituré et réduit à l'état de gravier ou de sable.

Dans de plus grandes pièces on trouve un noyau interne solide en dedans de la zone de sable. D'autres sont fendillées par toute leur masse, d'autres encore ne présentent que des effets tout à fait superficiels.

L'orateur explique ces faits par les mêmes causes qu'on invoque pour expliquer les modifications des roches alpines, avec lequel ces pierres jurassiques sont mélangées. Les masses de roches voisines d'où elles dérivent ne montrent pas les mêmes modifications.

De toutes ces observations, il résulte que les pierres de provenance alpine étaient cassantes et dures, tandis que les roches jurassiques étaient encore plus ou moins plastiques. Ce fait n'est pas en désaccord avec l'hypothèse de M. Cremer qui regarde ces phénomènes comme produits par des gonflements et non par une pression.

A l'occasion de la communication de M. le prof. Mühlberg, M. Chavannes décrit un cas intéressant qui se présente dans une moraine des environs de Lausanne, au lieu dit Praz-Fichet, près du Chalet-de-la-Ville. Une grande galerie creusée pour recueillir des eaux de source a mis à nu la structure intime de la moraine et coupé plusieurs points d'écoulement. La moraine présente le type, fréquent dans la contrée, d'alternances irrégulières entre des dépôts de boue glaciaire avec cailloux polis et striés et des parties remaniées, plus ou moins stratifiées. Dans ces dernières il y a un mélange de sable et de cail-

loux, tantôt arrondis et roulés, tantôt conservant le poli et les stries caractéristiques. L'eau jaillit sous forme de veines irrégulières déterminées par la présence de portions plus ou moins perméables. Partout où l'eau passe, le limon et le menu sable ont été enlevés peu à peu, de sorte que les gros cailloux viennent à reposer directement les uns sur les autres, laissant entre eux des lacunes irrégulières. C'est sur ces points que les cailloux présentent des cas d'impression et de fendillement. Tantôt ce sont des fissures et des éclats évidemment produits par la compression, tantôt ce sont des empreintes, des impressions proprement dites, qui paraissent être le résultat commun de la pression et d'une action chimique dissolvante. Sur le chemin parcouru par l'eau, le fond est recouvert d'une mince couche de limon très fin, tandis que la partie supérieure est tapissée d'un revêtement noir-violacé constitué par une algue microscopique. Tel caillou, soigneusement détaché au milieu de la veine et maintenu dans sa position normale, présente donc à sa partie supérieure le revêtement de limon, à sa partie inférieure la pellicule d'algues et sur les points de contact avec d'autres, des fissures ou des impressions. Tout auprès, dans les mêmes conditions primitives de dépôt, mais là où ils sont encore empâtés dans le sable ou la boue glaciaire, les cailloux n'offrent aucune trace d'altération. Ce n'est que dans les parties évidées par la circulation de l'eau que la pression des masses superposées s'exerçant d'une manière inégale, a pu produire sur les points de contact les effets mécaniques signalés de fendillement et d'écrasement. Ce n'est pas là non plus sur ces mêmes points de contact que l'action chimique de l'eau a pu se produire, combinée avec l'effet de la pression; partout ailleurs la surface des cailloux

était recouverte par le limon ou par les algues. Ces dernières ont sans doute contribué à fournir à l'eau une certaine quantité d'acide carbonique.

Sur beaucoup d'autres points du pays, dans des moraines exploitées à ciel ouvert comme gravières, on peut faire des constatations analogues. On y remarque des veines évidées, actuellement à sec, mais où l'eau a circulé jadis, et qui présentent les mêmes phénomènes, tantôt simultanés, tantôt isolés, de fendillement ou d'impression des cailloux et de revêtement d'algues et de limon. Sur certains points les algues sont remplacées par une croûte cristalline calcaire ou même elles alternent avec elle; ailleurs viennent se substituer ou s'ajouter des dépôts ferrugineux. Ailleurs encore, la veine, jadis remplie d'eau, peut se trouver complètement remplie par ces divers dépôts superficiels.

Partout l'évidement produit par la circulation intérieure de l'eau détermine ainsi une série d'actions mécaniques ou chimiques faciles et intéressantes à constater et qui pourront servir à expliquer divers états de structure de roches plus anciennes.

M. Edmond de Fellenberg, de Berne, présente à la Section des échantillons de *spath fluor cristallisé,* qui se sont trouvés dernièrement dans des cavités du calcaire dolomitique du *Trolerengraben* dans la vallée de Baltschieder (Valais). Ce calcaire dolomitique, identique au Röthidolomit du Tödi, forme dans cette localité des encaissements ou coins dans le gneiss (un gneiss à séricite feuilleté) et est transformé dans l'intérieur de l'encaissement en une roche cristalline, comme du marbre. Ce phénomène qui s'observe aussi à la *Schiltfurgge,* dans la même

vallée, a été décrit par M. de Fellenberg dans les *Mittheilungen der bernischen naturforschenden Gesellschaft* 1880. *(Die Kalkkeile am Nord-und Südrande des westlichen Theiles des Finsteraarhornmassives.)*

Dans ce calcaire dolomitique, transformé par la pression dans l'intérieur des coins en un marbre dolomitique grenu, on a trouvé de beaux cristaux de dolomie, de petits cristaux de cristal de roche, et nouvellement des cristaux de *spath fluor*.

Ces cristaux de spath fluor se distinguent de toutes les autres provenances de ce même minéral par l'admirable pureté et la parfaite transparence des cristaux. Ils sont absolument incolores, d'une eau aussi pure que des diamants, de cristallisation complète avec des facettes sans défauts et réfléchissantes comme des miroirs. Les cristaux montrent surtout la combinaison du cube et du dodécaèdre rhomboïdal. M. de Fellenberg a observé les combinaisons $(100)\ \infty O \infty$, $(111)\ O$, $(110)\ \infty O$; et $(100)\ \infty O \infty$, $(110)\ \infty O$, $(211)\ 2O2$[1].

Jusqu'à présent, on n'a pas trouvé de cristaux de spath fluor plus grands que 0,5 à 1,5 centimètre de diamètre. Ils sont d'autant plus petits qu'ils sont plus purs et ressemblent à de vrais diamants. Ces cristaux doivent représenter le type le plus pur de la chaux fluatée naturelle.

Il est à espérer que des recherches ultérieures dans les blocs détachés de dolomie cristalline, qui gisent dans le Trolerengraben, accroîtront le nombre des échantillons de ce cristal, dût-on faire quelques travaux de mine pour découvrir de nouveaux gîtes. Il est à remarquer que là où le spath fluor n'est pas cristallisé dans une géode,

[1] Notations de Miller et de Naumann.

mais forme de petits encaissements dans la dolomie, il est blanc et opaque, quelques échantillons tirant sur le violet.

M. Jaccard rappelle d'abord, au sujet de l'*Hydrologie du Jura neuchâtelois*, que la théorie des sources du Jura, et le rôle hydrologique des terrains ont été exposés il y a déjà un certain nombre d'années par notre regretté collègue M. Desor. Cependant on s'était borné jusqu'ici à énoncer plutôt des idées théoriques, et à les appliquer à un certain nombre de sources, remarquables par leur volume ou par le site pittoresque au milieu duquel elles apparaissent. L'*Orbe*, la *Reuse*, la *Noiraigue*, la *Serrières*, sont les plus connues. Il en est d'autres cependant qui eussent mérité l'attention, car elles participent à un régime tout à fait semblable.

C'est dans le but d'apporter, si possible, quelque lumière sur ce sujet si important, que M. Jaccard avait dressé la *carte hydrologique du canton de Neuchâtel*, présentée à la section de géologie, dans la réunion de l'année dernière à Linthal. Mais pour être convaincante, cette démonstration des *bassins hydrologiques* devait être accompagnée de coupes géologiques, permettant de se rendre compte de l'épaisseur des massifs absorbants, ou réservoirs des eaux souterraines, aussi bien que des lignes de partage déterminées par les inflexions des couches imperméables. Il est bien entendu, au reste, que l'auteur ne veut parler ici que des sources du terrain jurassique supérieur, auxquelles il propose d'appliquer le nom de *sources de premier ordre* (ce sont les *sources vauclusiennes* de Fournet et de Desor).

Ainsi qu'on peut en juger par la carte géologique du

canton de Neuchâtel, les roches calcaires du terrain jurassique supérieur constituent les quatre cinquièmes de la superficie totale. Bien plus, comme elles se retrouvent pardessous les autres terrains (crétacés, tertiaires et quaternaires), il ne reste qu'une surface très limitée qui soit occupée par les assises inférieures du système jurassique.

Avec une épaisseur totale de plus de 400 mètres, et les fissures et cavités de toute nature qui les affectent, ces roches constituent donc de grands réservoirs des eaux pluviales alimentant, comme il vient d'être dit, les sources de premier ordre.

Dans la coupe qui est placée sous les yeux de la section, plusieurs bassins hydrologiques sont indiqués, dont trois surtout sont importants, ce sont ceux de la source de Biaufonds, de la Noiraigue et de la Serrières.

Les lignes de partage des eaux souterraines sont aisées à reconnaître par les dispositions anticlinales des couches dans les chaînons, mais ce qu'il est important de signaler, c'est le rôle des *failles* dans la pénétration de l'eau à la surface des vallons et des plateaux dans les régions des montagnes. Leur direction est toujours indiquée par les enfoncements connus sous le nom d'*emposieux*. Les sources du premier ordre elles-mêmes se rencontrent au voisinage de dislocations de ce genre.

Les assises crétacées tertiaires et quaternaires donnent aussi naissance à des sources ordinaires, ensorte qu'il y a souvent superposition de bassins hydrologiques. C'est en particulier le cas au Val-de-Ruz, où nous voyons le Seyon réunir les eaux superficielles et celles des petites sources, tandis qu'à une certaine profondeur la nappe-éponge du calcaire jurassique sous-jacent, alimente la Serrières.

Un côté très intéressant de l'étude des sources vauclusiennes, est celui de leur régime d'étiage et de hautes eaux. Il résulte des observations recueillies par M. Jaccard, que ce régime est exposé à de graves perturbations, ensuite de l'envahissement des cavités souterraines par les limons tourbeux et les eaux d'égout des régions supérieures. Certains emposieux sont maintenant entièrement obstrués, d'autres sont en voie de l'être. D'autre part, le débit de certaines sources passe en quelques heures de l'étiage à un volume cent fois supérieur. Tout cela mériterait d'être étudié plus sérieusement qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

Conclusions : 1° Les calcaires du système jurassique supérieur, grâce à leur épaisseur et à leur étendue dans le Jura neuchâtelois, donnent naissance à des sources d'un régime particulier, distinct de celui des sources d'autres terrains.

2° C'est dans les vallées profondes et au pied des chaînons, qu'il faut chercher ces sources volumineuses, émissaires des régions supérieures.

3° Les failles jouent un rôle important dans la pénétration et la réapparition sous forme de sources des eaux souterraines.

4° Le régime de ces sources est exposé à des variations et à des changements bien plus étendus que ceux que l'on observe dans les terrains crétacés, tertiaires et quaternaires.

M. le pasteur PROBST, d'Essendorf, *Sur la mollasse et le terrain glaciaire de la Haute Souabe.*

La mollasse et le terrain glaciaire qui forment le plateau de la Haute Souabe wurtembergeoise entre le lac de Constance et le Danube, sont la continuation immédiate

des formations du plateau suisse. Les travaux des paléontologistes suisses ont beaucoup contribué à faire connaître les fossiles de ces terrains et je tiens à remercier ici particulièrement MM. Heer, C. Mayer et Rutimeyer.

Les subdivisions de la mollasse de la Souabe concordent avec celles qui ont été établies en Suisse.

Conformément à la classification donnée par M. Heer dans la nouvelle édition de son *Monde primitif de la Suisse*, on constate aussi dans la Souabe trois subdivisions de la mollasse. Néanmoins l'identité n'est pas complète. Dans la division inférieure (mollasse d'eau douce inférieure), on rencontre en Suisse des intercalations de couches marines qui n'ont pas été observées en Wurtemberg ; dans la division moyenne (mollasse marine, étage helvétien) on trouve souvent chez nous, sinon partout, une mollasse d'eau saumâtre, que Heer ne mentionne pas en Suisse. Je sais toutefois par M. le D[r] Schalch, que cette couche a été découverte par lui aux environs de Schaffhouse et qu'elle coïncide exactement avec la mollasse d'eau saumâtre d'Unterkirchberg.

En règle générale les couches de mollasse les plus anciennes sont en contact immédiat avec la formation jurassique suivant la direction du sud-ouest au nord-est ; puis vient dans la même direction, mais plus au sud une bande de mollasse marine, et de là jusqu'au lac de Constance la mollasse d'eau douce supérieure. Cette disposition des terrains est très favorable à leur étude ; car il est souvent difficile de distinguer la mollasse d'eau douce supérieure de l'inférieure.

Quant aux trouvailles paléontologiques, je ne signalerai que les points qui présentent un intérêt spécial. La mollasse marine donne quelques restes bien conservés de

Scasus qui d'après M. le prof. Cocchi, à Florence, n'ont pas encore, jusqu'en 1864, été rencontrés ailleurs à l'état fossile. Parmi un grand nombre de requins, se trouvent aussi les restes de genres à très petites dents (*Scymnus, Spiorax, Scyllium*). Le genre *Hemipristis,* très répandu dans la mollasse, mérite d'être mentionné spécialement parce que M. le prof. Blunzinger, actuellement à Stuttgard, en a trouvé un exemplaire vivant dans la mer Rouge, bien qu'Agassiz considérât ce genre comme éteint. On a aussi trouvé en grande abondance de petites dents du genre *Raja.* Le seul débris d'animaux terrestres qui provienne du littoral de la mer mollassique est un bois de ruminant bien conservé, qui est probablement un des spécimens fossiles les plus anciens de cette famille, attendu qu'on n'en a pas trouvé jusqu'à présent dans la mollasse d'eau douce inférieure. Dans la mollasse saumâtre, il faut mentionner surtout les harengs si bien conservés d'Unterkirchberg.

Les mollusques très nombreux de la mollasse d'eau douce inférieure ont déjà attiré l'attention dans le siècle dernier. L'*Helix rugulosa* en est le fossile caractéristique, tandis que les *Helix sylvana* et *inflata* caractérisent la mollasse d'eau douce supérieure. Cette dernière formation renferme, outre les animaux terrestres, beaucoup de restes de plantes qui ont été déterminées par le professeur Heer. Le gisement le plus productif, Hoggbach, paraît, soit d'après sa situation, soit d'après les restes de plantes fossiles, devoir être rapporté à un horizon un peu plus ancien qu'Œningen, mais il n'y a aucun doute qu'il n'appartienne aussi à la mollasse d'eau douce supérieure.

Les dépôts glaciaires, dus à l'ancien glacier du Rhin, recouvrent une grande partie de ce pays. L'avenir nous

apprendra s'il y a eu une ou plusieurs époques glaciaires. Parmi les restes organiques de cette époque, il faut mentionner en première ligne ceux de la station de Schüssenried. La faune de petits animaux qui manque en ce point a été retrouvée ailleurs dans les fentes de la mollasse entre autres la Marmotte et le Lemming à collier.

M. Chavannes communique le résultat d'une exploration qu'il vient de faire dans les *Gypses du Vorarlberg*. Il présente une double série d'échantillons provenant, l'une des gisements de Vandans, Saint-Anthony et Dalaas, l'autre de divers gisements des Alpes suisses, du Würtemberg et du Jura argovien. Le développement de ces conclusions fera l'objet d'un travail spécial qui paraîtra dans le Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles.

M. le Dr C. Moesch, de Zurich, montre un *Profil passant du Schlossberg dans la chaîne du Titlis, par le groupe de l'Urirothstock et le Brisengrat jusqu'à la Musenalp et le bord du lac des Quatre-Cantons.* Ce profil explique les dispositions géologiques des montagnes calcaires de la feuille XIII de la carte Dufour. Nous y trouvons 3 voûtes et 2 dépressions; les couches sont inclinées vers le nord.

Si l'on monte depuis la vallée d'Erstfeld, on rencontre, après avoir dépassé les roches cristallines, formant au sud le pied du Geissberg (2718^{m}) et du Schlossberg (3133^{m}), comme première couche sédimentaire le verrucano. Cette formation est considérable, mais il faut expliquer son épaisseur par un plissement des couches répété plusieurs fois. En effet, nous voyons le vanskalk, entre les chalets de Matt et Petersbühl, former trois étages superposés, séparés par des couches liasiques. On remarque ici

comme dans le quartzite, le lias et le dogger qui le surmonte une très forte inclinaison des couches vers le nord.

Le malm du Schlossberg et du Geissberg a une position à peu près verticale. Plus loin, vers les Surenen, nous trouvons une dépression dans le flysch et, au nord de cette formation éocène, une paroi de malmkalk dans le Stotzigberg, se continuant vers Engelberg par le Hahnen (2611^{m}). Cette montagne est composée en allant du sud au nord par les couches de l'éocène, qui forment la pente du Surenen; plus haut suit le malm, puis des couches considérables de dogger, formant les alpes d'Engelberg. La partie supérieure du Hahnen est de nouveau composée de malm.

Cette disposition nous indique une voûte brisée. La crête de la montagne est du dogger plongeant vers le sud. Ce dogger est en communication par la Tagensthal-Alp avec celui du Stotzigberg; le glacier interrompt la communication de ces deux régions de dogger qui, autrefois, allait jusqu'au Ruchstock et à l'Urirothstok. Là il forme un lacet et revient couvert par le malm jusqu'au Hahnen pour y disparaître entre les deux couches de malm. La terminaison du lacet jurassique se trouve au Ruchstock et au Hasenstock, sous forme de voûte presque horizontale, ouverte vers le sud. Le dogger forme donc le noyau, le malm les parties externes.

Dans les sommets du Rothstock d'Engelberg et d'Uri, nous voyons encore la voûte de dogger. Mais le malm l'accompagne ici seulement jusqu'à la position verticale des couches.

Au nord du Ruchstock, vers la Bannalp, on rencontre le néocomien plongeant sous le malm. Au Kaiserstuhl le néocomien est vertical, au Schoneggpass il plonge vers le

nord. Le néocomien suit donc le pli jurassique comme partie externe. La vallée du Schoneggpass est formée par une dépression urgonienne suivie au nord par la voûte néocomienne du Brisen. Le noyau de cette voûte est le malm, il affleure à Oberrickenbach dans une paroi abrupte.

La pente septentrionale du Brisen est composée d'urgonien, de gault, de calcaire de Seewen et des couches de Wang, caractérisées par de petites Nummulites et de très grands Inocérames. On peut poursuivre ces dernières couches jusqu'au pied méridional de la Musenalp où elles plongent dans la profondeur.

La Musenalp est la troisième voûte de notre profil. Leurs flancs jurassiques s'élèvent verticalement. Le noyau est formé de cargneule triasique et de traces de gypse. Le lias ne se montre que dans quelques lambeaux, par contre le dogger et le malm forment des parois verticales vers Niederrickenbach et la Chornalp. Ils constituent le manteau de la voûte sur le sommet du Musen. Vers Beckenried les roches éocènes et à leur base le calcaire nummulitique se font jour.

Le récif de la Musenalp est donc entouré par des roches de l'éocène. Le flysch (éocène plus récent) est situé en dedans, le calcaire nummulitique (éocène ancien) en dehors. Après suivent les formations crétacées des plus récentes aux plus anciennes.

A l'ouest de la Musenalp, le malm se continue vers le récif du Buochserhorn; une continuation directe à l'est dans la Clevenalp, etc., ne peut pas être démontrée.

Un fait remarquable est la présence de roches granitiques étrangères en blocs assez considérables.

M. Mösch a fait la même observation à Dallenwyl, au

Hauserhorn et au pied de la Gibelegg, entre Niederrikenbach et Büren (Unterwald).

M. le Dr A. Fritsch, de Prague, présente les planches du 4me fascicule de son ouvrage *Faune de la houille et des calcaires de la formation permienne de Bohême;* après quelques explications, il montre aussi des copies galvanoplastiques des fossiles figurés; puis une série de planches du 2me volume comprenant les Labyrinthodons proprement dits et des dessins d'Amphibiens et de requins des mêmes couches. Il fait également une communication préliminaire sur la découverte d'un reste d'Amphibien, dans le silurien supérieur de Bohême.

M. Alph. Favre entretient la Société d'*Un ancien lac postglaciaire des environs de Soleure,* dont l'existence antérieure nous est révélée par une terrasse située de 4 à 7 m. au-dessus des eaux moyennes de l'Aar. La ligne d'intersection des couches horizontales et des couches inclinées, indiquant le niveau de ce lac, est à 450 m. au-dessus de la mer. Sa rive gauche suivait le bord oriental du Jura, recouvrait la plaine d'Yverdon jusqu'au Mormont, et pénétrait assez avant dans la vallée de la Broie. La formation de ce lac doit être attribuée à trois moraines frontales concentriques dont on retrouve de faibles traces dans la vallée de l'Aar, en aval de Soleure.

M. le prof. Suess fait une communication *Sur le tremblement de terre d'Ischia.* Ces secousses n'ont pas le caractère d'un tremblement de terre de dislocation à grande étendue. Il faut les attribuer plutôt aux phénomènes qui précèdent les éruptions volcaniques. Déjà avant

1302 des tremblements semblables précédèrent l'éruption volcanique et rendirent l'île inhabitable.

M. le prof. A. Heim, de Zurich, donne quelques explications sur l'excursion géologique qui doit avoir lieu après la réunion et distribue une feuille avec les profils que l'on aura à étudier. Ils se rapportent à l'Axen, sur le bord du lac des Quatre-Cantons. Des couches à Nummulites, qui plongent dans le lac, sont entourées des deux côtés d'urgonien et de néocomien. Cette disposition des couches se retrouve de l'autre côté du lac à Isleten et dans la direction opposée dans le Kinzigthal et le Bisithal.

(Pour les communications sur les Windgällen, consultez Heim, *Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung*, Bd. I.)

M. Heim montre des préparations microscopiques expliquant les phénomènes de la transformation mécanique des roches.

Excursion de la Société géologique suisse en août 1883.

Le vendredi 10 août, quelques membres de la Société géologique, ne se laissant pas décourager par une pluie battante, partaient de Zurich de grand matin pour Sisikon. D'autres étaient déjà partis la veille, et furent rejoints le long de la route. Quelques-uns vinrent plus tard, et purent participer encore à une bonne partie de cette première journée, qui fut consacrée à visiter la route

de l'Axen, où nous pûmes constater la série trois fois répétée du néocomien au nummulitique et surtout l'étrange repli synclinal renversé signalé par le professeur Heim.

D'une trentaine que nous étions dans cette première journée, une dizaine seulement poursuivirent le soir jusqu'à Amsteg. Le temps était trop incertain pour tenter le lendemain l'ascension de la Windgälle. Nous nous contentâmes donc le samedi de remonter le Maderanerthal tout entier jusqu'au Glacier de Hufi, pour revenir coucher à l'Hôtel du S. A. C. dans le haut de la vallée. Enfin, le dimanche 12, nous eûmes une assez belle journée pour visiter le massif de la Windgälle, son minerai de fer magnétique en grains oolitiques écrasés, son porphyre reposant sur le jurassique renversé, et enfin son nummulitique pincé dans une synclinale couchée du malm. Tous ces phénomènes si étranges au premier abord, mais d'une constatation claire et indubitable, laisseront dans notre esprit un souvenir ineffaçable. Ajoutons celui d'une charmante course sous la conduite d'un guide aussi sûr et aussi habile que notre collègue Heim, qui a tellement bien étudié cette région, qu'il en connaît tous les détails orographiques.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

M. Berthelot. Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie, 3me édition, 2 vol. grand in-8° avec figures, Gauthier-Villars, éditeur.

Cet ouvrage remarquable est le fruit des recherches expérimentales que poursuit depuis treize ans M. Berthelot ; il expose une théorie générale des matières explosives d'après la seule connaissance de leur métamorphose chimique et de leur chaleur de formation. Il est divisé en trois livres dont le premier est consacré aux notions générales, entre autres au développement de la théorie nouvelle du mode de propagation des phénomènes explosifs, et spécialement de l'onde explosive, dont la découverte les éclaire d'un jour tout nouveau ; le second livre renferme l'exposé des expériences du célèbre chimiste sur la mesure de la chaleur de formation, des composés oxygénés de l'azote et de leurs sels, des composés de l'azote avec l'hydrogène, le soufre et le carbone ; des composés oxygénés des halogènes, des éthers azotiques, des composés nitrés et des dérivés azoïques ; il renferme encore les recherches faites sur la fixation électrique de l'azote. Les principes et les données numériques étant ainsi fixés, dans le troisième livre M. Berthelot définit la force des différentes matières explosives; enfin un appendice renferme l'histoire des origines de la poudre et des matières explosives.

L'industrie nous a donné depuis quelques années un très grand nombre de substances explosives, grâce aux progrès de la science qui permettaient de prévoir les propriétés de certains composés, mais l'emploi rationnel de ces matières si puissantes ne peut avoir lieu s'il n'est dirigé par une théorie

certaine ; c'est cette théorie que les progrès de la thermochimie permettent d'établir, elle résulte de la notion de l'énergie présente dans la matière explosive, énergie qui exprime le plus grand travail qu'elle puisse effectuer et qui n'est autre chose que la différence entre la chaleur mise en jeu dans la formation depuis les éléments et les chaleurs dégagées par la transformation explosive. Jusqu'à présent on ne connaissait la force d'une substance explosive que par empirisme en la comparant avec une autre, maintenant sa composition chimique étant connue, ainsi que son équation de décomposition, on pourra théoriquement connaître son énergie.

Un des chapitres les plus intéressants de ce remarquable ouvrage est celui qui traite de l'onde explosive, par laquelle M. Berthelot explique ce qui amène une substance à détoner au lieu de brûler ou fuser seulement ; il a en effet constaté l'existence d'un nouveau genre de mouvement ondulatoire produit en vertu d'une certaine concordance des impulsions physiques et des impulsions chimiques au sein d'une matière qui se transforme. Tandis que dans l'onde sonore la force vive est faible, l'excès de pression minime, et la vitesse déterminée par la seule constitution physique du milieu vibrant, au contraire c'est le changement de constitution chimique qui se propage dans l'onde explosive et qui communique au système une force vive énorme et un excès de pression considérable. Cette onde se propage uniformément avec une vitesse qui dépend essentiellement de la nature du mélange explosif, elle est indépendante de la pression, enfin la force vive de translation des molécules du système gazeux produit par la réaction et renfermant toute la chaleur développée par celle-ci, est proportionnelle à la force vive du même système gazeux, contenant seulement la chaleur qu'il retient à zéro. C'est là une relation essentielle confirmée par l'expérience et qui permet de calculer la vitesse de l'onde explosive dans les mélanges les plus divers. La propagation de l'onde explosive a lieu seulement lorsque les molécules enflammées conservent la presque totalité de la chaleur développée par la réaction chimique, c'est ce qui constitue le régime de détonation, tandis que dans la com-

bustion, la chaleur se perd en grande partie au fur et à mesure par rayonnement, conductibilité, détente, etc.

L'étude des substances explosives est d'un haut intérêt pour le philosophe qui cherche à se rendre compte de la portée réelle et de la généralité absolue des lois naturelles, elle nous montre en effet les états extrêmes de la matière, comme pression, température, force vive, auxquels nous puissions arriver, états qui tendent à se rapprocher de ceux que nous entrevoyons au point de vue chimique, grâce à l'analyse spectrale, pour les astres qui entourent notre planète; les pressions développées par les substances explosives se comptent par milliers d'atmosphère, leur température semble approcher de celle des astres eux-mêmes, enfin la vitesse avec laquelle se propage leurs mouvements peut atteindre plusieurs milliers de mètres par seconde.

Des tables analytiques et de longs index alphabétiques terminent cet ouvrage remarquable et facilitent les recherches.

G. Lunge et P. Næf. Poids spécifique de l'acide sulfurique. (*Chem. Ind.*, VI, p. 37. Zurich.)

Le poids spécifique de l'acide sulfurique concentré est comparé à l'eau à 4° dans le vide.

SO_4H_2%	SO_4H_2 pur, poids spécifique	Acide d'Uetikon	Degrés Baumé.
90	1,8185	1,8202	65,1
91	1,8241	1,8254	65,4
92	1,8294	1,8306	65,6
94	1,8372	1,8374	65,9
96	1,8406	—	—
97,75	—	1,8486	66,2
99	1,8403	—	—
100	1,8384	—	—

K. Heumann. Combustion phosphorescente du soufre. (*Berichte*, XVI, p. 139. Zurich.)

Si l'on porte rapidement à 180° environ une plaque mé-

tallique placée dans un bain d'air en métal et sur laquelle est posé du soufre, on voit s'élever dans l'intérieur du bain des flammes blanches de 10-20 centim. de longueur; plusieurs combinaisons du soufre présentent cette phosphorescence, ainsi les sulfures d'étain, d'antimoine, d'arsenic, la sulfo-urée, etc. Il se produit des vapeurs qui n'ont presque pas l'odeur de l'acide sulfureux, mais qui attaquent les yeux et rappellent l'odeur de l'ozone et du peroxyde d'hydrogène. Ces vapeurs oxydées demandent 1 atome d'oxygène pour 1 atome de soufre pour former SO_3, elles sont donc formées de SO_2 anhydre et de vapeur de soufre.

G. Lunge. Poids spécifique des dissolutions d'ammoniaque. (*Chem. Ind.*, VI, p. 2. Zurich.)

Lunge reconnaît par des analyses faites avec le plus grand soin que les tables de Carius sont les plus exactes.

Poids spécifique à 14°	NH_3 % Lunge	NH_3 % Carius.
0,8933	31,0	31,8
0,9116	23,8	24,6
0,9246	20,4	20,2
0,9400	15,6	15,4
0,9536	11,7	11,7
0,9780	5,1	5,2

E. Schulze. Produits de l'action des acides et des alcalis sur les substances albuminoïdes. (*Tagebl. d. naturf. Vereins zu Salzburg*, p. 168. Zurich.)

L'étude des divers travaux sur ce sujet de Hlasiwetz, Habermann, Schützenberg, Barbieri, E. et H. Salkowski, conduit Schulze par des considérations théoriques à croire que la décomposition des matières albuminoïdes fournit un mélange d'acides amidés qui renferme : 1° les acides amidés de la série de la leucine et de l'asparagine; 2° de la tyrosine, et 3° de l'acide phenylamidopropionique ou ses homologues.

C. Schramm. Isonitrosokétones. (*Berichte*, XVI, p. 177. Zurich.)

V. Meyer a observé que les isonitrosokétones traitées par l'acide chlorhydrique concentré à chaud donnent de l'hydroxylamine. Schramm a étudié cette décomposition pour l'isonitrosométhylacétone et a obtenu de l'hydroxylamine, de l'acide acétique et l'acide éthylméthylacétoximique, cristaux peu solubles dans l'eau, fusibles vers 215°.

BOTANIQUE

Ettinghausen (C. von). Sur la flore tertiaire d'Australie. (*Sitzb. der K. Akad. Wien.* Feb. 1883; *Denkschr.* vol. 47.)

Le Musée britannique ayant reçu de la Nouvelle-Galles du Sud, des échantillons de fossiles végétaux de l'époque dite tertiaire, en a confié l'étude à M. le baron d'Ettinghausen. Ce savant les a examinés avec tout le soin possible, au moyen des riches herbiers de Londres et de Kew, et en les rattachant à d'autres petites collections analogues de Victoria et de Tasmanie. Le nombre total des espèces de cette époque et de ces régions qu'il a pu déterminer est de 99. Leur composition est très curieuse.

Elles renferment des représentants de genres communs dans les couches tertiaires d'Europe, de l'Asie et de l'Amérique septentrionale, tels que des *Myrica*, *Betula*, *Alnus*, *Quercus*, *Fagus*, *Salix*. D'autres genres caractérisent aujourd'hui l'Inde orientale et la Chine, par exemple *Castanopsis*, *Cinnamomum*, *Tabernæmontana*, *Premna*, *Elæocarpus* et *Dalbergia;* un *Magnolia* rappelle le midi des États-Unis; un *Bombax* l'Amérique tropicale ; les genres *Knightia* et *Coprosma* l'Océanie. Au contraire un petit nombre de genres appartiennent à ceux qui caractérisent aujourd'hui l'Australie; ce sont des *Lomatia*, *Banksia*, *Ceratopetalum*, *Pittosporum*, *Eucalyptus*. Ainsi les flores tertiaires d'Australie ont un mélange de

diverses flores et s'éloignent plus de la flore actuelle de cette région que de plusieurs autres.

Les espèces ne sont pas identiques avec celles connues jusqu'à présent, mais l'auteur signale des ressemblances, qui font présumer une origine commune. Ainsi un *Fagus Risdoniana*, du tertiaire de Tasmanie, est très voisin du *F. Deucalionis Unger*. Le *Fagus Moorii*, de l'Australie actuelle, lui paraît sans aucun doute descendre du *Fagus Risdoniana* d'autrefois, de même que, dit-il, le *Fagus sylvatica* d'Europe et le *F. ferruginea* du Nord de l'Amérique, descendent du *F. Deucalionis*, qui n'est lui-même qu'une forme développée du *F. Feroniæ*.

Ces faits font naître beaucoup de réflexions et d'hypothèses. L'auteur en touche quelques mots, mais il vaut peut-être mieux attendre les découvertes qui se feront avant de tirer des conclusions d'un petit nombre d'espèces et de genres.

LADISLAU NETTO. — UNE PLANTE AQUATIQUE ENVAHISSANTE.

Dans un opuscule plein d'esprit sur la théorie de l'évolution[1] le savant directeur du Musée de Rio de Janeiro, M. Ladislau Netto, fait connaître quelques faits intéressants, par exemple celui-ci. Une Pontédériacée, qu'il faut rapporter probablement à l'*Eichhornia azurea. Kunth* se répand, au Brésil, d'une manière si rapide qu'elle obstrue le cours inférieur de quelques rivières du sud de la province de Bahia, de manière à empêcher l'exportation du sucre. La province a dépensé des sommes énormes pour détruire cette plante, mais avec un succès médiocre ou momentané, et de grands travaux hydrauliques dont on s'occupe à Rio de Janeiro risquent fort d'être contrariés par elle. Dans cette espèce, comme dans l'*Eichhornia* soit *Pontederia natans* se sont les pétioles renflés qui font flotter la tige et mettent la fleur au-dessus du niveau des eaux.

[1] Aperçu sur la théorie de l'évolution (conférence faite à Buenos Ayres), in-8°. Rio de Janeiro 1883.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 1er novembre 1883.

M. le prof. Wartmann lit une notice biographique sur Joseph Plateau; notre Société vient de perdre en lui un de ses membres honoraires les plus distingués. Il désire rendre hommage à sa mémoire, en retraçant sa vie et ses principales découvertes.

Joseph-Antoine-Ferdinand Plateau naquit à Bruxelles, le 14 octobre 1801. Il est décédé à Gand le 19 septembre dernier.

Après avoir terminé ses études universitaires, il se livra à son goût pour les sciences exactes, sous l'influence de l'illustre Adolphe Quetelet. C'est dans la *Correspondance mathématique et physique*, dirigée par ce savant, que Plateau publia une première note relative à un problème de géométrie[1]. En 1829, à l'occasion de ses épreuves pour le doctorat, il fit paraître à Liège une *Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue.* Sa voie était trouvée : l'étude approfondie des sensations visuelles le captiva. Il chercha à en mesurer la durée dans des circonstances diverses, et imagina une comparaison ingénieuse pour expliquer leur persistance et leur variabilité. « Lorsqu'un organe, dit-il, est soumis à une excitation prolongée, il oppose une résistance qui croît avec la durée de

[1] Tome III, p. 1. — Les tomes suivants renferment huit autres communications sur des sujets d'optique et de magnétisme.

cette excitation. Alors, s'il vient à être subitement soustrait à la cause excitatrice, il tend à regagner son état normal par une marche *analogue à celle d'un ressort* qui, écarté de sa forme d'équilibre et abandonné ensuite à lui-même, revient à cette forme par des oscillations décroissantes, en vertu desquelles il la dépasse en deux sens opposés... Il en résulte une suite de phases de la sensation, alternativement opposées et décroissant en intensité. » Quatre ans plus tard, Plateau rédigeait deux notes importantes sur ses recherches[1], puis adressait à l'Académie royale des sciences de Belgique un grand travail où il les exposait sous le titre d'*Essai d'une théorie générale comprenant l'ensemble des apparences visuelles qui succèdent à la contemplation des objets colorés, et de celles qui accompagnent cette contemplation; c'est-à-dire la persistance des impressions sur la rétine, les couleurs accidentelles, l'irradiation, les effets de la juxtaposition des couleurs, les ombres colorées, etc.* [2]. Tous les traités de physique et de physiologie se sont appropriés les résultats remarquables de ce mémoire. L'auteur y énonce le principe général suivant : « Lorsque deux courbes lumineuses tournent dans le champ visuel avec une vitesse suffisante pour produire une illumination constante de la surface qu'elles décrivent, on voit dans ce champ lumineux une ligne obscure, qui joint les points d'intersection des courbes si la lumière de l'une ne peut pas traverser l'autre. » En outre, il y décrit le *fantascope* ou *phénakisticope*, instrument ingénieux fondé sur la persistance des impressions lumineuses, et qui ne tarda point à populariser le nom de l'inventeur[3].

[1] Elles sont insérées dans t. II du *Traité de la Lumière* de William Herschel, traduit par Verhulst et Quetelet; 1833.

[2] Mémoires de l'Académie royale de Belgique, t. VIII; 1834.

[3] Un appareil tout semblable parut à Vienne sous le nom de *disque stroboscopique*, ou disque merveilleux (Wunderscheibe, Zauberscheibe). L'inventeur était le professeur Stampfer, auquel un brevet fut accordé en mai 1833. Dans une notice parue deux mois plus tard, Stampfer dit que l'idée du stroboscope lui était venue tandis qu'il répétait, en décembre 1832, des expériences de Faraday sur certaines illusions optiques. — « C'est là, écrivait Plateau à mon père, une chose bien singulière. C'est aussi en décembre 1832 que les

Le même ordre d'idées conduisit bientôt notre collègue à imaginer un autre jouet scientifique, l'*anorthoscope*, qui a contribué aux progrès de l'optique physiologique [1]. L'appareil n'utilise pas un miroir comme le fantascope, mais est formé de deux disques mobiles sur un axe commun. L'un doit être fortement éclairé; il est translucide et porte des figures déformées peintes au vernis. L'autre, noir et opaque, est percé, dans le sens des rayons, d'une ou de plusieurs fentes minces et équidistantes. Quand ces disques tournent l'un devant l'autre avec des vitesses inégales, l'œil aperçoit par les fentes les figures rectifiées et multipliées. Si le rapport des vitesses n'est pas constant, les apparences se transforment avec lenteur, et donnent lieu à des effets curieux sur lesquels l'auteur a publié successivement quatre notices [2].

Encouragé par les résultats qu'il venait d'obtenir, Plateau entreprit de nouvelles études sur les phénomènes de l'*Irradiation* [3]. Après avoir exposé ce qu'on savait sur ce sujet difficile, il montra que l'irradiation se manifeste à toute distance de l'objet qui la produit; que l'éloignement de cet objet ne

expériences de Faraday m'ont conduit à l'invention du fantascope : et notez bien qu'il y avait alors deux ans que le mémoire de Faraday avait paru. Ainsi M. Stampfer et moi, nous n'aurions tous deux répété les expériences de Faraday que deux ans après leur publication, et elles nous auraient inspiré à tous deux les mêmes idées dans le même mois. Cependant, malgré la singularité de ces circonstances, je veux croire, jusqu'à preuve du contraire, que M. Stampfer et moi, nous nous sommes rencontrés par hasard, comme cela arrive quelquefois dans les sciences. Du reste, en ne consultant que les publications, la priorité m'est assurée ; car ma notice a été imprimée dans le journal de M. Quetelet en janvier 1833, tandis que l'instrument de M. Stampfer n'a pu être publié qu'au mois de mai de la même année, et sa notice n'a paru qu'en juillet. » — Ce sont ces mêmes expériences de Faraday qui ont suggéré à Wheatstone l'emploi du miroir tournant. On sait l'admirable parti qu'en ont tiré Foucault et les acousticiens.

[1] Bulletin de l'Académie de Bruxelles, t. III, pp. 7 et 65; 1836.

[2] Bulletin, t. XVI, 1re partie, pp. 424, 588; 2me part., pp. 30 et 254; 1849.

[3] Mémoires de l'Académie, t. VIII, 1839.

modifie point l'angle visuel sous-tendu; que son éclat augmente l'irradiation sans qu'il y ait proportionnalité; que le phénomène se renforce avec l'obscurité du fond sur lequel il se projette et la durée de la contemplation; qu'il varie suivant les individus, et se modifie par l'interposition de lentilles devant l'œil. L'auteur conclut que l'irradiation a pour cause le fait que « l'excitation produite par la lumière se propage un peu au delà du contour de l'image. » La découverte du pourpre oculaire conduira peut-être les physiologistes à une théorie plus catégorique.

Plateau commença par être attaché à l'Observatoire de Bruxelles dont la direction était confiée à Quetelet. Puis il ne tarda pas à être appelé, comme professeur extraordinaire, à la chaire de physique dans l'Université de Gand qu'on venait de créer (1835). Il se consacra de suite, avec l'ardeur qu'il mettait à toutes choses, à la préparation de son enseignement et à l'achat du matériel nécessaire. Il fut ainsi amené à rédiger la première partie d'un *Traité de physique mécanique*, publié de 1851 à 1855 dans l'Encyclopédie populaire belge. Mais c'est à ses chères études sur les fonctions de l'œil qu'il donnait le meilleur de son temps. Voulant connaître tous les travaux de ses devanciers, il s'appliquait à une *Bibliographie analytique des principaux phénomènes subjectifs de la vision* qui a été insérée dans les Mémoires de l'Académie[1], sans discontinuer ses expériences relatives aux impressions rétiniennes. Il en résulta une altération progressive de sa vue, qui se perdit définitivement en 1843. On comprend combien cette épreuve fut terrible. Néanmoins, Plateau la supporta courageusement. Sa résignation a ému toutes les personnes qui ont eu le privilège de la constater. Si ce malheur ne lui fût arrivé, on peut croire qu'il n'aurait pas épargné d'autres expérimentateurs. Fechner, qui se livrait à Leipzig à des recherches analogues, fut également frappé de cécité : toutefois, moins atteint que son confrère, il a plus tard recouvré la vue[2].

[1] Tomes XLII, XLIII et XLV : elle forme six sections et trois suppléments (1877 à 1882).

[2] Fechner proposa en 1859 sa *loi psychophysique*, destinée à exprimer le rapport qui existe entre l'intensité d'une sensation physique

Aubert, de Breslau, raconte que lui-même aurait eu le même sort, si les avertissements du physiologiste Brücke ne l'avaient mis en garde, en temps utile, contre le danger auquel il s'exposait [1]. Ainsi, c'est l'accident dont Plateau a souffert durant quarante années qui a donné l'éveil sur le péril d'excitations rétiniennes trop répétées et trop intenses.

Grâce au bon esprit du Gouvernement belge, le professeur, victime de son zèle scientifique, conserva la position officielle à laquelle il était parvenu [2]. Il avait épousé en 1841 Mlle Clavareau, et eut l'inestimable avantage de s'être associé une compagne dont les soins et le dévouement ne se sont jamais démentis. Devenue la lectrice et le secrétaire de son mari, Mme Plateau s'est constamment appliquée à lui éviter tous les embarras que sa situation pouvait provoquer. On sait que notre compatriote l'aveugle François Huber, à qui l'on doit des observations classiques sur les abeilles, avait de même trouvé chez sa femme la collaboration la plus précieuse [3], et chez son domestique François Burnens assez d'intelligence pour se former au rôle d'observateur. Plateau ne fut pas moins favorisé. Il intéressa à ses travaux plusieurs de ses collègues, particulièrement Lamarle, professeur de construction, ainsi que M. Duprez, bien connu par ses recherches sur les paratonnerres. Il eut en outre la bonne fortune d'être aidé par des savants de sa propre famille, par son fils aîné

et celle de sa cause. Plateau admit l'existence de cette loi, mais déclara que ses expériences l'amenaient à l'exprimer par une formule très différente (Bulletins, t. XXXII, mai 1872). Il est revenu sur le même sujet en 1878. D'après lui, toutes les impressions oculaires incomplètes qui, au moment où la lumière cesse d'agir, ont atteint la même fraction de leur intensité maximum quel que soit le degré de l'illumination de l'objet, décroissent identiquement de la même manière (Bulletins, t. XLVI).

[1] Physiologie der Netzhaut, Breslau, page 371.

[2] En 1841, il ne fut pas compris dans une promotion de professeurs à laquelle il estimait que ses découvertes lui donnaient droit, et il en fut très affecté. Sa nomination comme professeur ordinaire date de 1846.

[3] « Tant qu'elle a vécu, disait-il dans sa vieillesse, je ne me suis pas aperçu du malheur d'être aveugle! » — Elle était née Lullin.

M. Félix Plateau, et par son gendre M. Van der Mensbrugghe, tous deux membres actuels de l'Académie et professeurs à l'Université de Gand [1].

Avec le concours d'auxiliaires aussi distingués, Plateau se voua spécialement à l'étude des *phénomènes que présentent les liquides soustraits à l'action de la pesanteur.* Il en a consigné les résultats dans une suite d'onze mémoires, adressés à l'Académie de 1843 à 1868. Plusieurs des expériences par lesquelles il débuta ont eu un retentissement général, à cause de leur beauté et de leur originalité. Qui n'a admiré les apparences d'une masse d'huile s'arrondissant en sphère parfaite au sein d'eau alcoolisée, où elle demeure immobile? Si on fait naître chez elle une force centrifuge croissante, on la voit s'aplatir suivant ses pôles, se creuser ensuite en dessus et en dessous de l'axe de rotation après avoir figuré une lentille, enfin abandonner dans le plan équatorial une portion de sa substance, qui se transforme en un anneau enveloppant régulier. L'imagination des amateurs d'astronomie a été grandement excitée par cette reproduction artificielle des apparences de Saturne. N'oublions pas que l'une des forces qui agit sur la masse d'huile, l'attraction moléculaire, suit des lois différentes de celles auxquelles obéit l'attraction newtonienne.

L'ingénieux inventeur ne tarda pas à publier d'autres résultats tout aussi inattendus. Le second mémoire, daté de 1849, contient l'exposé de recherches dans lesquelles la sphère d'huile est remplacée par de minces lames d'un liquide visqueux. Un mélange, en proportions convenables, de glycérine et d'eau de savon fournit le moyen d'engendrer, d'une façon simple autant qu'élégante, une série considérable de formes géométriques qui s'appuient sur les arêtes de squelettes polyédriques en fil de fer ou de soie. Rien de plus frappant que la production instantanée de ces lamelles liquides qui brillent des couleurs de l'iris. Leur arrangement confirme les théories proposées par les géomètres sur la pression moléculaire et sur les phénomènes de la capillarité ; il dévoile le secret de la mécanique des fluides.

[1] Huber recourut aussitôt à son fils Pierre, qui s'illustra plus tard par ses recherches sur les fourmis.

Il serait hors de propos d'analyser ici ces travaux de longue haleine. Plateau en a remanié et coordonné la rédaction en 1873, dans une publication spéciale[1]. Rappelons que son point de départ est ce théorème connu : Pour qu'une masse liquide, supposée sans pesanteur, demeure en équilibre, elle doit affecter une forme telle que la somme algébrique des deux rayons de courbure principale soit partout de même valeur. Tel est le cas, non seulement de la sphère et du plan, mais encore des surfaces à aire minimum dont la courbure est constante. L'étude particulière de la surface cylindrique a conduit l'auteur à la découverte de diverses figurations d'équilibre, qu'il a nommées *onduloïde*, *caténoïde* et *nodoïde*. L'ouvrage abonde en considérations pleines d'intérêt sur la tension et la viscosité des surfaces liquides, sur la vapeur vésiculaire, sur le développement des systèmes laminaires et les lois dont il dépend, ainsi que sur les apparences des veines liquides et leurs causes. Une sorte de prescience divinatoire guide notre physicien. Sa concentration intellectuelle, favorisée par la cécité, lui fait inventer les procédés qui doivent réaliser ses conceptions. Quand l'expérience ne les confirme pas immédiatement, il ne se donne aucune trêve avant d'avoir atteint le but. Ses assistants émerveillés ont plus d'une fois rendu témoignage à la sagacité de cet aveugle si clairvoyant.

Tels sont les principaux services que Joseph Plateau a rendus à la science et qui demeureront inscrits dans les fastes de la Belgique. Il appartenait à l'Académie de ce royaume dès 1834 à titre de correspondant ; il en devint membre ordinaire en 1836. Les Académies de Berlin et d'Amsterdam, la Société royale de Londres l'avaient accueilli dans leur sein. Arago, frappé de la modestie du savant belge et de la valeur de ses travaux, le fit nommer correspondant de l'Institut. Il était commandeur de l'ordre de Léopold.

Il avait, jeune encore, visité Genève en compagnie de Quetelet. Les beautés pittoresques de notre pays, qui contrastent avec la monotonie des Flandres, lui avaient causé la plus vive

[1] *Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires.* 2 vol. in-8°.

impression; il n'en parlait qu'avec enthousiasme et aimait à s'en souvenir. Il s'était lié d'affection avec de la Rive, Alfred Gautier, Necker et mon père. Ayant témoigné le désir d'être agrégé à notre Société, il fut élu en 1841 et nous a fidèlement communiqué toutes ses publications. M. Félix Plateau nous appartient aussi depuis 1869; ses succès en histoire naturelle ont été une joie et une consolation pour le père dont il continue l'illustration.

Sans ambition personnelle, Joseph Plateau s'est voué durant une longue carrière au culte désintéressé de la science. Il a montré un zèle incessant, et s'est appliqué à faire la part de tous ceux qui ont cultivé les mêmes sillons que lui. Sa conscience d'honnête homme éclate dans sa correspondance avec ses amis. On lui doit quatre-vingt-cinq notes ou mémoires sur les objets de ses travaux. De la part d'un aveugle, pareille activité est vraiment digne d'admiration; on peut douter que, sans la perte de ses yeux, il eût été capable d'en fournir des preuves plus nombreuses ou plus remarquables. Chez notre confrère, la distinction intellectuelle allait de pair avec la supériorité morale. Sa mort laisse un grand vide parmi nous, et son nom occupera une place honorable au milieu des savants du XIXme siècle.

M. le prof. Louis Soret, comme complément de ses précédentes recherches sur l'absorption des rayons ultra-violets par différentes substances animales, communique quelques observations que, grâce à l'obligeance de M. le prof. Gosse, il a pu faire sur les matières de l'œil humain et le liquide céphalorachidien [1].

M. le prof. Brun a analysé le papier incombustible présenté à la dernière séance par M. Colladon. Il y a trouvé de l'amiante en grande quantité, du mica et du coton de verre, mais pas de sel soluble.

[1] Nous renvoyons pour plus de détails au mémoire de M. L. Soret publié dans ce numéro même des *Archives*.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

OCTOBRE 1883

Le 1er, neige sur le Jura ; à 8 h. du soir éclairs au SSE.
2, à 1 h. $^1/_2$ du soir tonnerres au sud.
4, très fort vent du SSO. pendant toute la nuit ; neige sur toutes les montagnes des environs ; à 2 h. et à 4 h. du soir arc-en-ciel double au NE.
7, forte bise l'après-midi.
8, faible gelée blanche le matin ; le minimum s'abaisse pour la première fois de la saison au-dessous de 0°. Hâlo solaire à 2 h. du soir ; brouillard depuis 8 h. du soir.
9, brouillard le matin.
10, brouillard le matin et le soir.
11, id.
12, id.
13, brouillard presque tout le jour.
14, brouillard le matin et le soir.
15, brouillard le matin.
16, hâlo lunaire à 8 h. $^1/_4$ du soir.
18, fort vent toute la nuit.
19, faible gelée blanche le matin.
26, brouillard à 8 h. du matin.
Du 27 octobre au 4 novembre brouillard continu.

Remarque. Du 20 au 29 on a opéré chaque jour de nombreux barrages et débarrages ; le 27 en particulier le bief des turbines a été barré, ainsi que les deux bras. L'effet de cette opération observé au limnographe de Sécheron a été d'à peine un centimètre.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 3 à 10 h. matin	727,09
8 à 10 h. matin	739,83
14 à 8 h. matin	730,08
18 à 10 h. soir	736,00
23 à 10 h. soir	730,15
30 à 10 h. soir	735,12

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 6 h. matin	715,70
11 à 4 h. soir	723,68
16 à 6 h. soir	726,03
20 à 8 h. soir	721,68
24 à midi	728,10
31 à 4 h. soir	732,70

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	719,58	— 7,28	+ 9,41	— 3,00	+ 7,0	+13,6	7,02	—1,69	824	+ 17	630	900	5,4	4	SSO. 1	0,79	+ 7,4	— 8,3	138,9
2	724,43	— 2,40	+ 8,94	— 3,30	+ 5,0	+16,1	6,47	—2,17	794	— 15	590	960	0,1	...	variable	0,77	9,7	— 5,9	139,0
3	726,21	— 0,58	+ 8,31	— 3,77	+ 4,1	+13,0	5,60	—2,97	716	— 94	530	910	3,4	4	SSO. 1	0,89	11,7	— 3,7	138,2
4	718,48	— 8,28	+ 7,21	— 4,70	+ 5,5	+11,4	6,32	—2,18	865	+ 53	690	910	14,6	13	SSO. 1	0,91	12,8	— 2,5	135,5
5	723,60	— 3,13	+ 6,49	— 5,25	+ 4,5	+10,6	6,13	—2,30	874	+ 61	690	950	6,6	8	SSO. 1	0,97	9,7	— 5,5	135,5
6	726,32	— 0,37	+ 6,83	— 4,74	+ 4,2	+10,2	6,16	—2,20	856	+ 42	710	980	2,0	5	N. 1	0,59	9,5	— 5,6	136,0
7	733,01	+ 6,36	+ 7,05	— 4,35	+ 4,3	+10,2	5,36	—2,92	746	— 69	620	890	...	...	NNE. 2	0,53	...	.....	138,0
8	739,08	+12,45	+ 5,74	— 5,49	— 0,3	+11,2	5,87	—2,34	861	+ 44	660	980	...	...	variable	0,49	12,5	— 2,3	134,4
9	735,97	+ 9,37	+ 7,99	— 3,06	+ 4,3	+13,7	6,98	—1,15	892	+ 74	670	990	...	...	variable	0,28	12,7	— 2,0	132,5
10	729,43	+ 2,86	+ 6,81	— 4,07	+ 2,3	+13,0	7,15	—0,91	931	+112	780	1000	...	...	variable	0,73	13,2	— 1,4	129,2
11	724,82	— 1,72	+ 8,50	— 2,21	+ 2,0	+15,0	7,68	—0,30	914	+ 94	720	1000	...	...	variable	0,90	13,1	— 1,4	127,0
12	725,37	— 1,14	+10,72	+ 0,19	+ 6,1	+15,7	8,17	+0,26	867	+ 46	590	1000	...	...	variable	0,59	13,2	— 1,1	125,5
13	727,85	+ 1,37	+10,18	— 0,18	+ 4,3	+15,6	8,31	+0,48	890	+ 68	740	980	...	...	N. 1	0,47	13,2	— 1,0	124,5
14	729,15	+ 2,70	+ 9,39	— 0,79	+ 6,3	+14,7	7,93	+0,18	882	+ 59	740	1000	...	...	N. 1	0,59	...	.....	123,0
15	728,87	+ 2,45	+10,56	+ 0,56	+ 4,7	+17,1	8,00	+0,32	848	+ 25	550	1000	...	...	SSO. 1	0,87	13,0	— 0,9	120,7
16	727,44	+ 1,04	+13,34	+ 3,51	+ 6,9	+20,6	8,39	+0,79	746	— 78	510	950	...	...	SSO. 1	0,90	13,2	— 0,6	119,5
17	728,14	+ 1,77	+14,03	+ 4,38	+12,0	+16,6	10,48	+2,96	895	+ 70	730	970	23,3	12	SSO. 1	1,00	12,7	— 1,0	116,5
18	732,10	+ 5,75	+11,68	+ 2,21	+ 5,1	+18,5	7,93	+0,49	782	— 44	540	940	2,8	4	SSO. 1	0,57	11,1	— 2,5	118,9
19	732,58	+ 6,25	+ 8,71	— 0,58	+ 1,3	+17,3	6,10	—1,26	744	— 83	440	980	...	...	SSO. 1	0,10	9,7	— 3,7	116,7
20	724,97	— 1,34	+14,50	+ 5,39	+ 6,3	+20,4	7,90	+0,61	648	—179	480	760	...	...	SSO. 1	0,52	9,4	— 3,9	120,6
21	724,35	— 1,94	+ 8,27	— 0,66	+ 6,7	+11,2	7,24	+0,03	888	+ 60	730	1000	25,0	13	N. 1	1,00	...	.....	129,0
22	726,03	— 0,24	+ 5,96	— 2,79	+ 4,8	+ 8,7	6,86	—0,27	970	+141	900	1000	13,1	12	variable	1,00	10,8	— 2,2	135,6
23	729,53	+ 3,28	+ 6,76	— 1,81	+ 3,4	+12,9	5,96	—1,09	835	+ 6	580	990	...	...	variable	0,68	11,1	— 1,8	139,6
24	728,84	+ 2,60	+ 7,51	— 0,88	+ 5,3	+ 9,9	7,51	+0,53	942	+112	850	990	2,9	11	NO. 1	1,00	11,4	— 1,3	136,5
25	730,26	+ 4,04	+11,45	+ 3,24	+ 7,7	+19,7	8,88	+1,98	902	+ 72	600	1000	0,9	2	variable	0,59	11,9	— 0,7	139,3
26	729,86	+ 3,65	+ 9,20	+ 1,16	+ 5,3	+13,7	7,78	+0,96	909	+ 78	700	1000	...	...	variable	0,21	11,8	— 0,7	141,5
27	731,57	+ 5,37	+ 7,52	— 0,34	+ 2,9	+11,3	7,74	+1,00	960	+129	890	1000	...	...	SSE. 1	1,00	11,5	— 0,9	141,3
28	732,37	+ 6,19	+ 7,44	— 0,24	+ 5,8	+ 9,7	7,50	+0,83	952	+120	870	1000	...	...	SSO. 1	0,99	...	.....	144,0
29	732,72	+ 6,55	+ 7,63	+ 0,13	+ 6,6	+ 9,6	7,18	+0,59	902	+ 70	850	990	...	...	N. 1	1,00	11,5	— 0,6	140,1
30	734,43	+ 8,26	+ 7,51	+ 0,19	+ 6,4	+ 9,2	7,04	+0,53	897	+ 64	830	960	...	...	NE. 1	1,00	11,5	— 0,4	138,2
31	733,64	+ 7,48	+ 7,56	+ 0,42	+ 6,6	+ 9,7	7,00	+0,56	894	+ 61	830	980	...	...	NNE. 1	1,00	11,5	— 0,3	137,0

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,76	727,30	727,73	727,66	727,51	727,53	727,90	728,22	728,25
2e »	728,22	728,58	728,63	728,08	727,54	727,34	727,61	727,94	728,14
3e »	730,07	730,50	730,65	730,27	729,87	729,83	730,20	730,53	730,80
Mois	728,41	728,85	729,06	728,72	728,36	728,29	728,62	728,95	729,12
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 5,48	+ 6,56	+ 8,64	+10,59	+10,22	+10,11	+ 8,54	+ 7,30	+ 5,91
2e »	+ 7,60	+ 8,96	+12,23	+14,65	+15,69	+14,65	+12,62	+11,50	+10,61
3e »	+ 6,23	+ 6,76	+ 8,83	+10,23	+10,37	+ 9,46	+ 8,61	+ 8,01	+ 7,68
Mois	+ 6,43	+ 7,40	+ 9,87	+11,77	+12,04	+11,35	+ 9,88	+ 8,91	+ 8,05
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,38	6,49	6,47	6,71	6,54	6,45	6,47	6,23	6,21
2e »	7,23	7,75	8,37	8,71	8,43	8,35	8,66	8,45	8,04
3e »	6,96	7,06	7,60	7,74	7,54	7,58	7,78	7,54	7,41
Mois	6,86	7,10	7,49	7,72	7,51	7,46	7,64	7,41	7,22
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	937	893	778	710	708	697	777	823	891
2e »	917	900	797	688	640	672	795	833	844
3e »	974	954	894	832	811	857	929	936	945
Mois	943	917	825	747	723	746	837	866	895

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 4,09	+ 12,30	0,69	+ 11,02	32,1	135,72
2e »	+ 5,50	+ 17,15	0,65	+ 12,07	26,1	121,29
3e »	+ 5,59	+ 11,42	0,86	+ 11,44	41,9	138,37
Mois	+ 5,08	+ 13,55	0,74	+ 11,51	100,1	132,01

Dans ce mois, l'air a été calme 4,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,81 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 22°,8 O. et son intensité est égale à 10,8 sur 100,

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1883.

Le 1er, faible neige à midi; brouillard l'après-midi.
2, brouillard dans la journée; neige à 6 h. du soir; forte bise depuis 6 h. du soir.
3, forte bise jusqu'à 8 h. du soir; brouillard le matin et le soir.
4, neige par un fort vent le matin.
5, très forte bise toute la journée; neige le matin, brouillard l'après-midi.
6, brouillard tout le jour, forte bise le matin et le soir.
7, forte bise jusqu'à 8 h. du matin.
12, id. ; brouillard depuis 6 h. du soir.
13, brouillard depuis 4 h. du soir.
14, brouillard tout le jour.
15, brouillard à 6 h. du matin.
16, brouillard depuis 8 h. du matin.
17, brouillard de 6 h. à 8 h. du matin.
18, brouillard de 2 h. à 4 h. du soir; forte bise l'après-midi.
19, forte bise de 6 h à 8 h. du matin.
20, fort vent l'après-midi.
21, neige tout le jour.
22, neige dans la nuit, brouillard presque tout le jour.
23, forte bise toute la journée; brouillard jusqu'à 6 h. du soir.
24, brouillard l'après-midi; forte bise depuis 6 h. du soir.
25, brouillard par une forte bise le matin.

REMARQUE. Dans la nuit du 9 au 10 le lac s'est complètement couvert de glace.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	561,34	Le 4 à 10 h. matin	555,08
9 à 10 h. matin	573,36	12 à 6 h. matin	563,44
13 à 10 h. soir	567,13	15 à 6 h. matin	566,01
18 à 10 h. soir	571,09	22 à 6 h. matin	558,82
27 à 10 h. soir	570,42	29 à 6 h. matin	568,70
30 à 10 h. soir	571,71	31 à 6 h. soir	570,09

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	557,27	— 8,59	555,88	558,84	— 2,83	— 4,34	— 4,1	— 0,7	.....	.....	....	NE. 1	0,78
2	560,56	— 5,21	559,24	561,34	— 4,35	— 5,71	— 6,0	— 2,0	90	2,9	....	NE. 1	0,79
3	560,58	— 5,10	560,07	560,89	— 6,57	— 7,78	— 7,5	— 5,1	.....	.....	....	NE. 2	0,91
4	555,67	— 9,92	555,08	556,17	— 6,12	— 7,18	— 8,2	— 3,2	400	22,8	....	variable	0,78
5	557,79	— 7,71	555,09	559,98	— 7,13	— 8,04	— 8,3	— 5,7	280	15,6	....	NE. 3	1,00
6	561,30	— 4,11	558,84	563,89	— 6,81	— 7,57	— 8,0	— 5,2	.....	.....	....	NE. 2	1,00
7	566,70	+ 1,38	564,44	569,44	— 4,44	— 5,05	— 8,7	— 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0,39
8	572,59	+ 7,35	571,25	573,29	— 1,70	— 2,17	— 6,8	+ 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,21
9	572,57	+ 7,42	571,89	573,36	+ 4,70	+ 4,38	+ 3,2	+ 6,5	.....	.....	....	SO. 1	0,17
10	567,83	+ 2,77	566,38	569,56	+ 3,60	+ 3,43	+ 0,8	+ 7,6	.....	.....	....	variable	0,26
11	563,97	— 1,00	563,71	564,40	+ 1,14	+ 1,12	+ 0,1	+ 4,3	.....	.....	....	variable	0,19
12	563,89	— 0,99	563,44	564,64	— 0,19	— 0,05	— 1,6	+ 1,4	.....	.....	....	NE. 1	0,57
13	565,78	+ 0,99	564,65	567,13	+ 0,23	+ 0,53	— 0,9	+ 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,74
14	566,63	+ 1,93	566,46	567,00	— 0,99	— 0,54	— 2,0	+ 0,4	.....	.....	....	SO. 1	0,93
15	567,02	+ 2,41	566,01	567,97	— 0,59	+ 0,01	— 2,7	+ 2,2	.....	.....	....	SO. 1	0,49
16	567,41	+ 2,89	567,00	568,19	— 1,15	— 0,40	— 2,4	+ 0,5	.....	.....	....	SO. 1	0,84
17	568,13	+ 3,69	566,72	569,59	+ 1,65	+ 2,56	— 1,5	+ 3,8	.....	28,0	....	SO. 1	0,98
18	569,72	+ 5,36	569,03	571,09	+ 1,78	+ 2,85	— 1,1	+ 5,4	.....	7,4	....	NE. 2	0,79
19	569,41	+ 5,13	568,87	570,06	+ 3,70	+ 4,92	+ 1,1	+ 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,08
20	565,27	+ 1,07	563,67	566,88	+ 4,39	+ 5,76	+ 1,4	+ 6,9	.....	.....	....	SO. 2	0,16
21	561,42	— 2,70	560,37	562,37	— 0,57	+ 0,95	— 1,4	+ 1,7	240	21,5	....	variable	1,00
22	560,71	— 3,33	558,82	562,21	— 4,50	— 2,83	— 7,1	— 0,5	230	31,7	....	NE. 1	0,93
23	562,54	— 1,42	561,61	563,14	— 8,25	— 6,42	— 8,5	— 5,9	.....	.....	....	NE. 2	0,91
24	564,45	+ 0,57	563,78	565,45	— 1,96	+ 0,02	— 4,8	+ 0,3	.....	.....	....	NE. 1	0,91
25	567,99	+ 4,19	566,42	569,12	+ 0,34	+ 2,47	— 0,5	+ 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,54
26	569,09	+ 5,37	568,84	569,46	+ 3,26	+ 5,54	+ 0,4	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,06
27	569,43	+ 5,78	568,43	570,42	+ 2,33	+ 4,76	+ 1,6	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,03
28	569,40	+ 5,82	569,17	569,83	+ 1,33	+ 3,91	— 0,2	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,02
29	569,21	+ 5,70	568,70	569,80	+ 0,65	+ 3,38	— 1,1	+ 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,02
30	570,98	+ 7,54	570,22	571,71	+ 0,75	+ 3,63	+ 0,1	+ 2,6	.....	.....	....	SO. 1	0,32
31	570,43	+ 7,06	570,09	570,92	+ 0,39	+ 3,41	— 0,1	+ 2,8	.....	.....	....	SO. 1	0,38

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1883.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,41	562,74	563,02	563,23	563,31	563,50	563,76	564,00	564,11
2e »	566,52	566,73	566,85	566,77	566,62	566,61	566,74	567,00	567,18
3e »	566,31	566,72	566,95	566,96	566,84	566,92	567,08	567,27	567,36
Mois	565,12	565,44	565,65	565,70	565,63	565,72	565,90	566,12	566,25

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,50	— 3,60	— 2,11	— 1,54	— 1,22	— 1,95	— 3,25	— 3,97	— 2,93
2e »	— 0,49	+ 0,52	+ 2,40	+ 3,14	+ 2,60	+ 1,80	+ 1,09	+ 0,75	+ 0,59
3e »	— 1,23	— 0,63	+ 0,53	+ 1,46	+ 0,95	— 0,16	— 0,55	— 0,90	— 1,16
Mois	— 2,05	— 1,22	+ 0,28	+ 1,04	+ 0,78	— 0,11	— 0,89	— 1,36	— 1,17

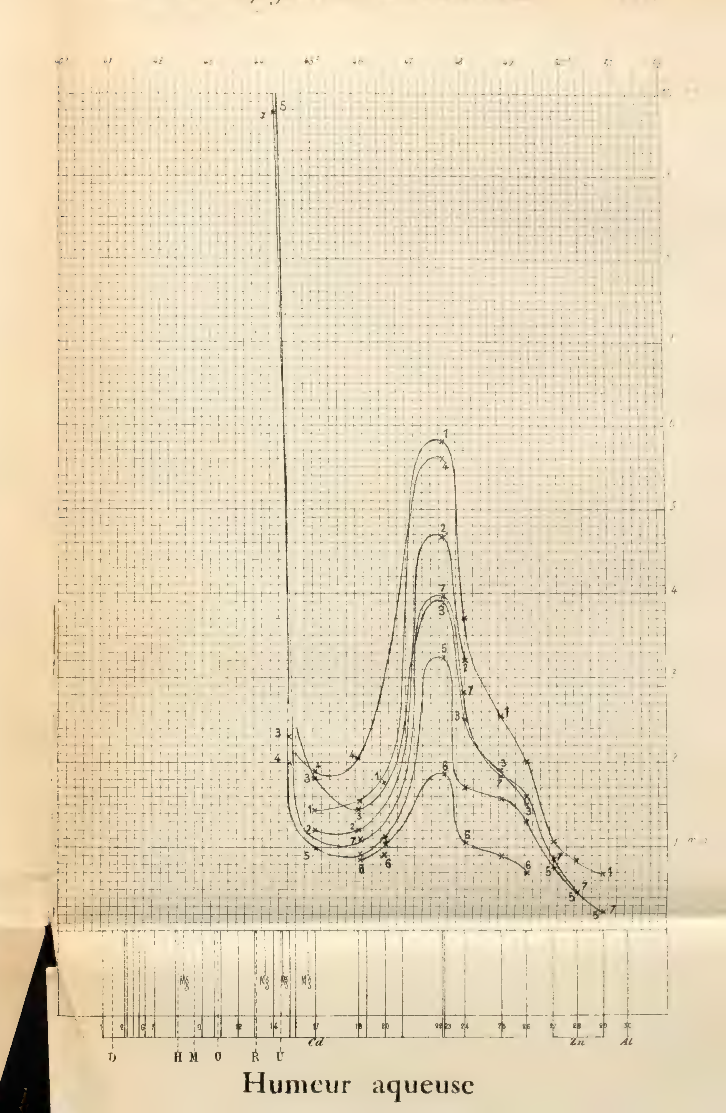
	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 5,36	— 0,89	0,63	41,3	770
2e »	— 0,96	+ 3,41	0,58	35,4	—
3e »	— 1,96	+ 2,01	0,47	53,2	470
Mois	— 2,74	+ 1,53	0,55	129,9	1240

Dans ce mois, l'air a été calme 2,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,23 à 1,00.

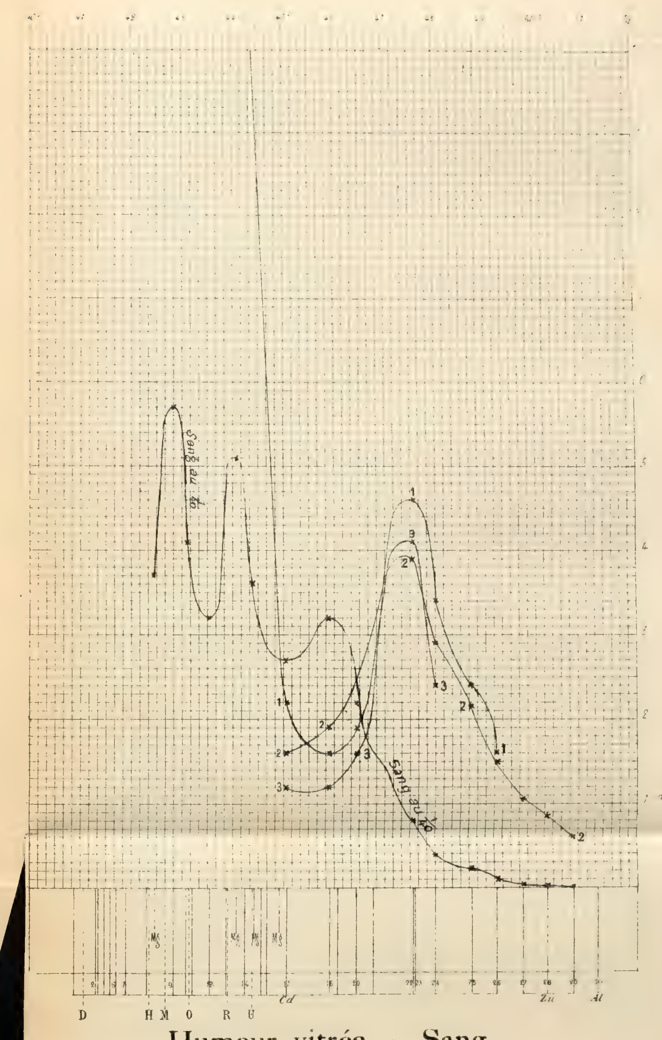
La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 47,7 sur 100.

Les courbes 1 à 6 se rapportent à différents échantillons de l'humeur aqueuse du bœuf.



Les courbes numérotées 1 à 3 se rapportent à 3 échantillons d'humeur vitrée du bœuf.

La courbe sans numéros correspond au sang de bœuf, défibriné, étendu de 39 fois son volume d'eau.

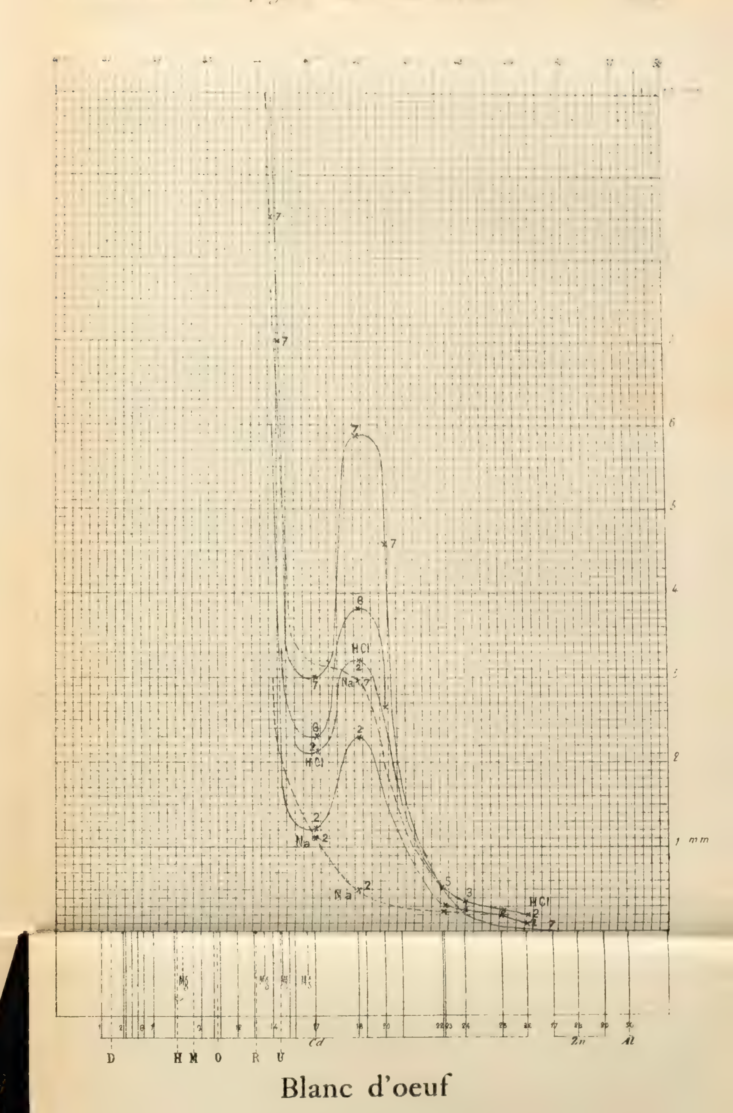


Humeur vitrée - Sang.

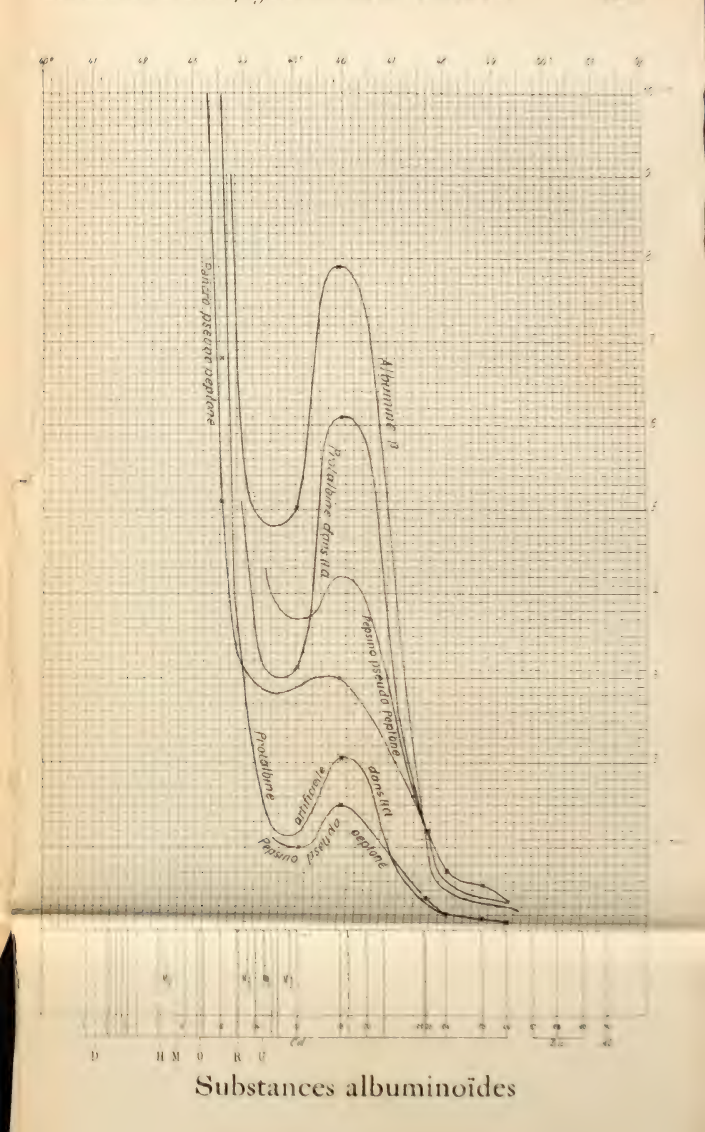


Blanc d'oeuf

Etendu de 2 fois son volume d'eau, échantillon N° 2.	*Courbe pleine, marquée 2.*
Même échantillon après addition de soude	*Courbe pointillée marquée Na. 2.*
Même échantillon après addition d'acide chlorhydrique.	*Courbe pleine, marquée H Cl. 2.*
Etendu de 5 fois son volume d'eau, échantillon N° 6.	*Courbe pleine, marquée 6.*
Etendu de 9 fois son volume d'eau, échantillon N° 7.	*Courbe pleine, marquée 7.*
Même échantillon après addition de soude.	*Courbe point., marquée 7.*



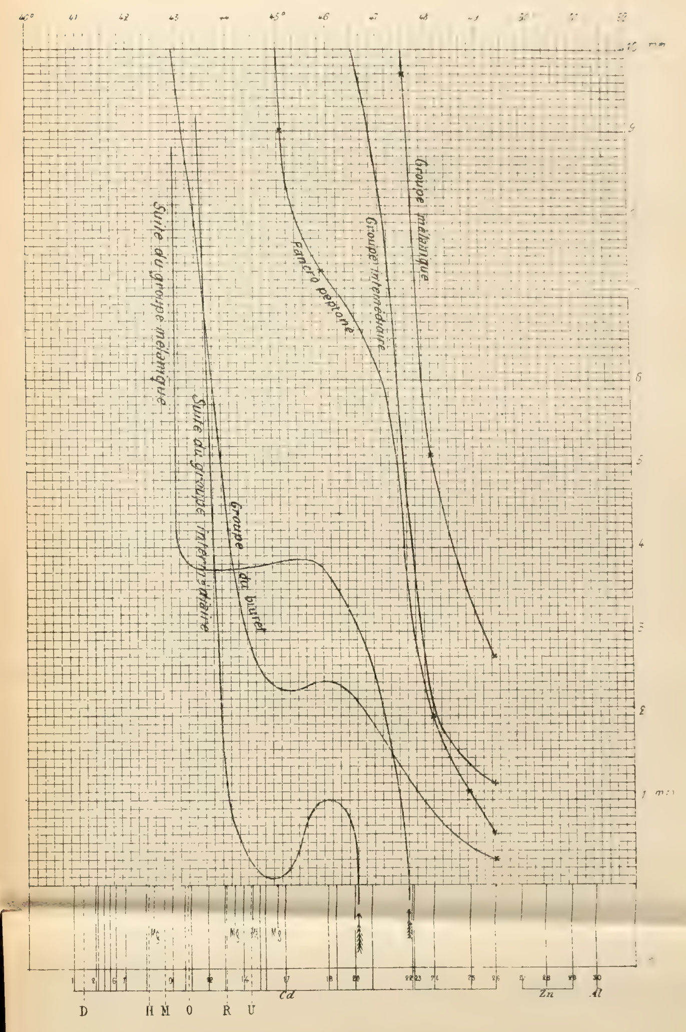
Blanc d'oeuf



Substances albuminoïdes

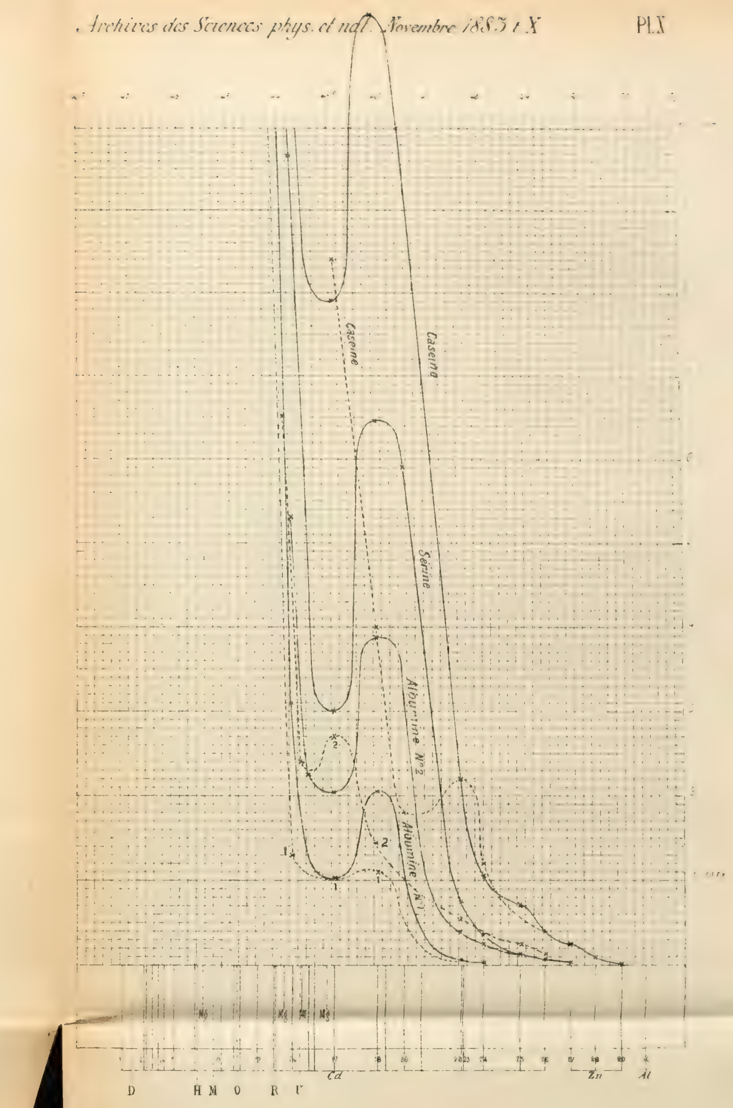
NB. *Les courbes* „groupe intermédiaire" *et* „groupe mélanique" *ont dû être divisées en deux parties.*

Pour la partie se rapportant à la région la moins réfrangible du spectre, les ordonnées sont diminuées de $10^{mm.}$.



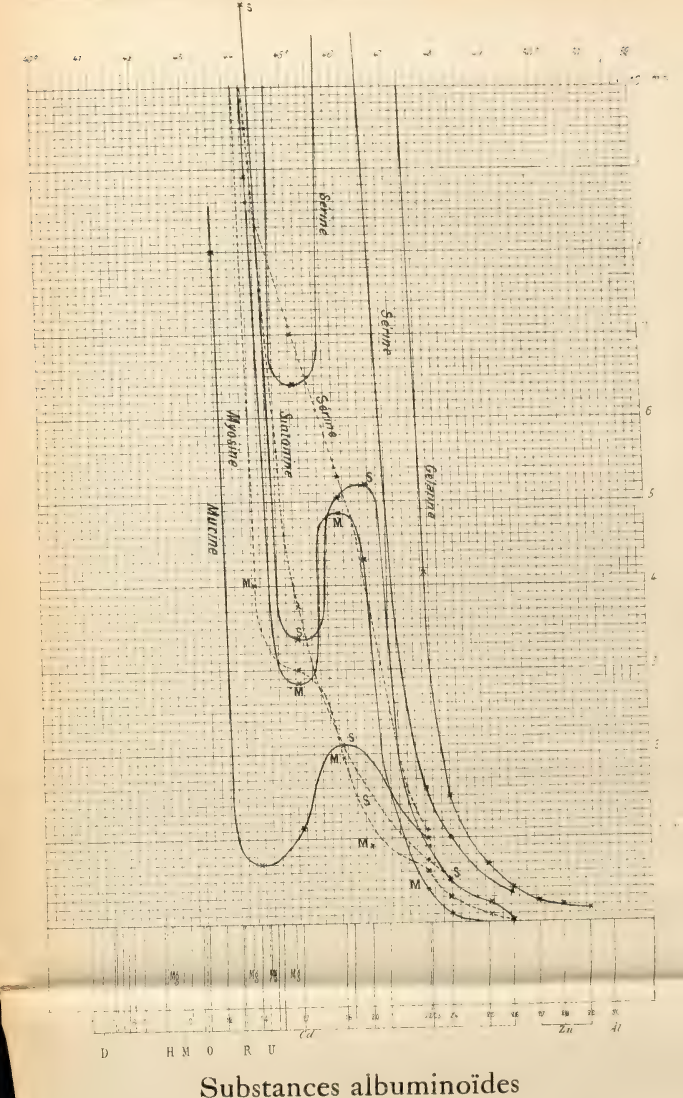
Substances albuminoïdes

Albumine pure N° 1 à 37gr. dans 1 litre.	*Courbe pleine.*
Même échantillon après addition de soude.	*Courbe point., marquée 1.*
Albumine très pure N° 2 (proportion indéterminée)	*Courbe pleine.*
Même échantillon après addition de soude	*Courbe point., marquée 2.*
Sérine à 10gr. 5 dans 1 litre.	*Courbe pleine.*
Caséine à 6gr. 5 dans 1 litre.	*Courbe pleine.*
Même échantillon après addition de soude	*Courbe pointillée.*



Substances albuminoïdes

Mucine (proportion indéterminée).	*Courbe pleine*
Myosine à 7gr. 5 dans 1 litre.	*Courbe pleine, marquée M.*
Même solution après addition de soude.	*Courbe point., marquée M.*
Sintonine à 6gr. 2 dans 1 litre.	*Courbe pleine, marquée S.*
Même solution après addition de soude.	*Courbe point., marquée S.*
Sérine à 5gr. 25 dans 1 litre.	*Courbe pleine (sortant de la planche pour 18 et 20).*
Même solution après addition de soude.	*Courbe pointillée.*
Gélatine à 4gr. dans 1 litre.	*Courbe pleine.*



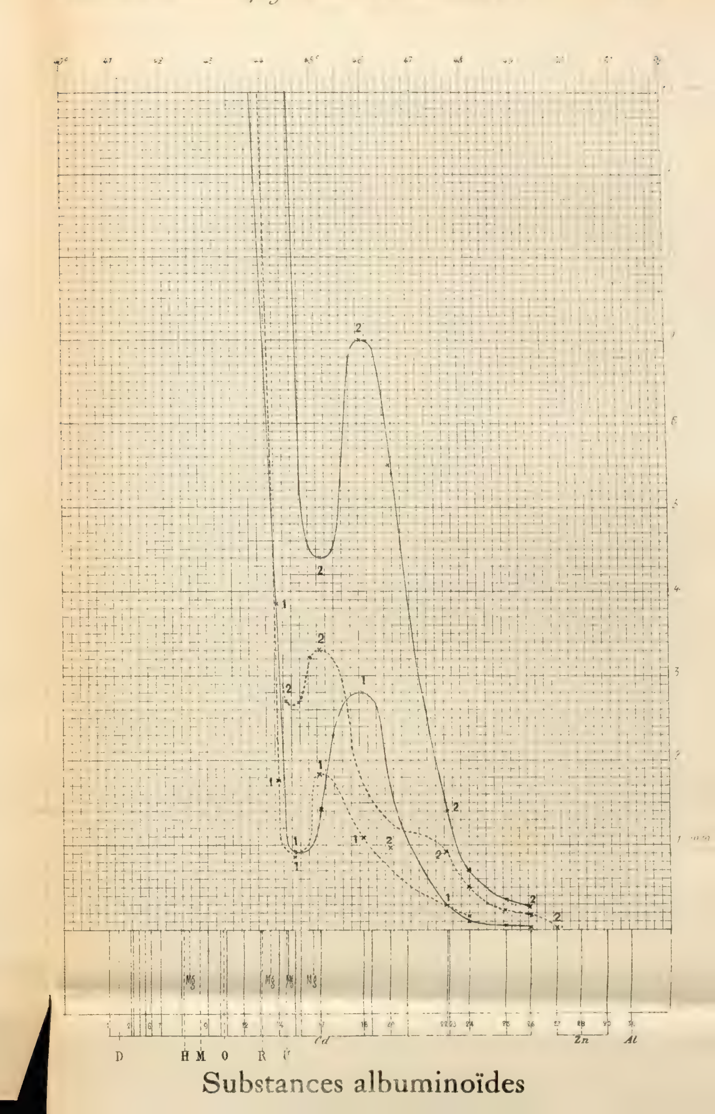
Substances albuminoïdes

Globuline N° 1, à 7gr. dans 1 litre, extraite du cristallin du bœuf sans la dessécher. — *Courbe pleine, marquée 1.*

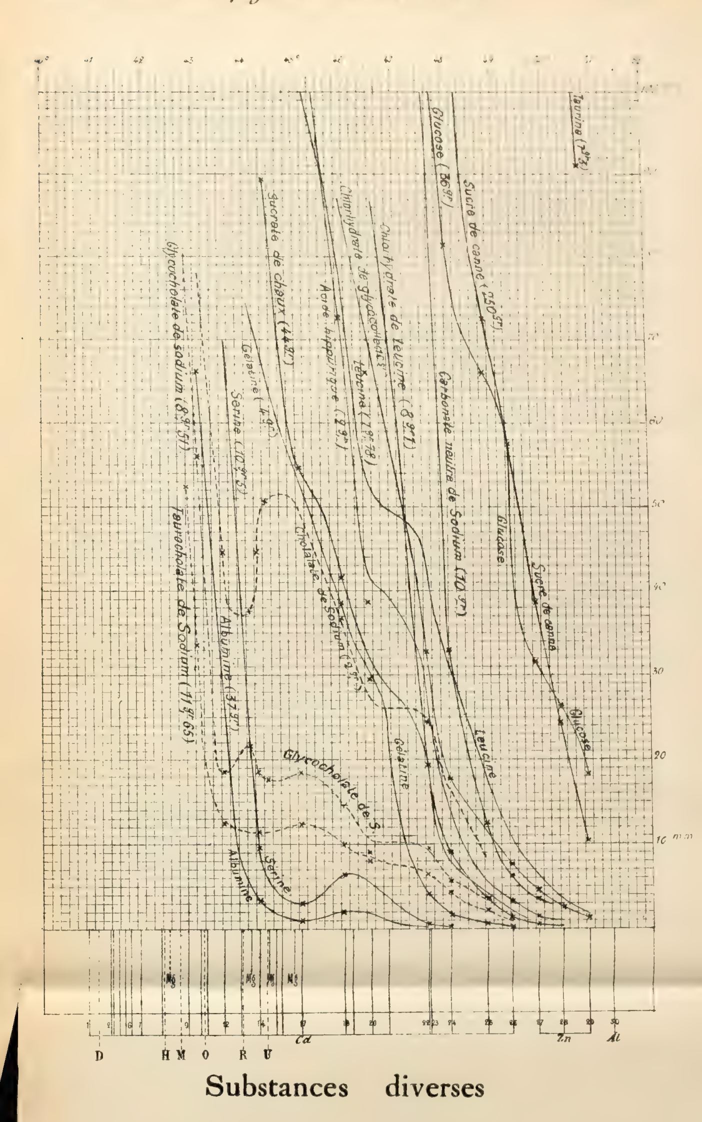
Même solution après addition de soude. — *Courbe point., marquée 1.*

Globuline N° 2, à 5gr. 75 dans 1 litre, desséchée et redissoute dans l'eau avec addition de soude. — *Courbe point., marquée 2.*

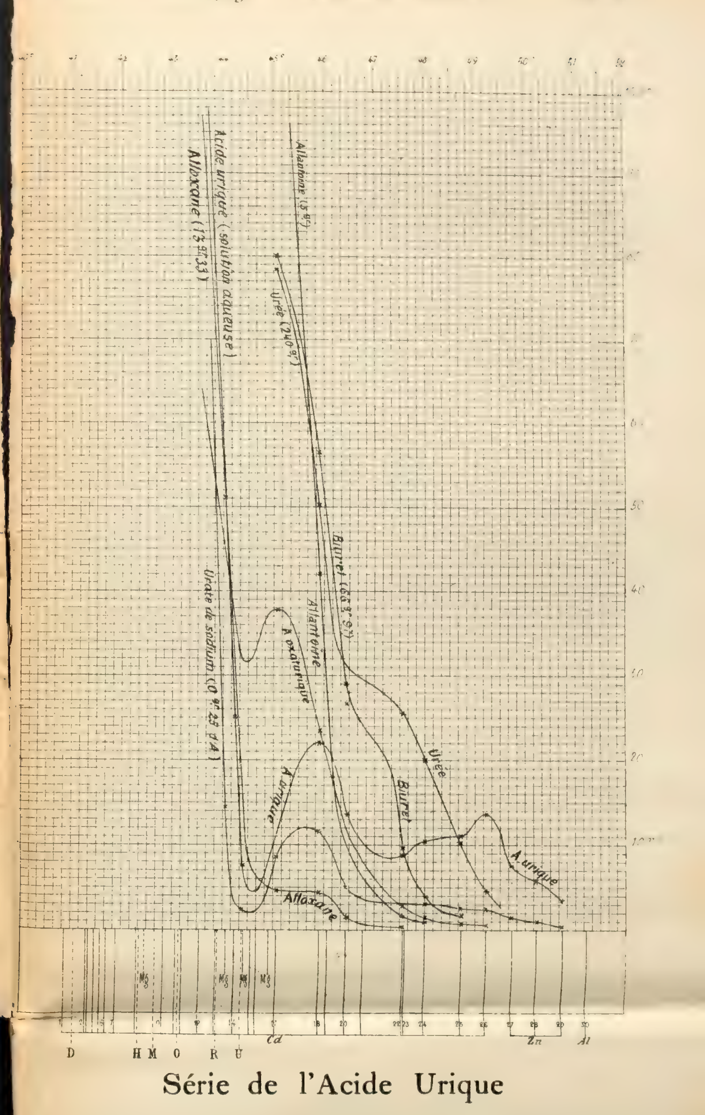
Même solution neutralisée par l'acide chlohydrique. — *Courbe pleine, marquée 2.*



Substances albuminoïdes



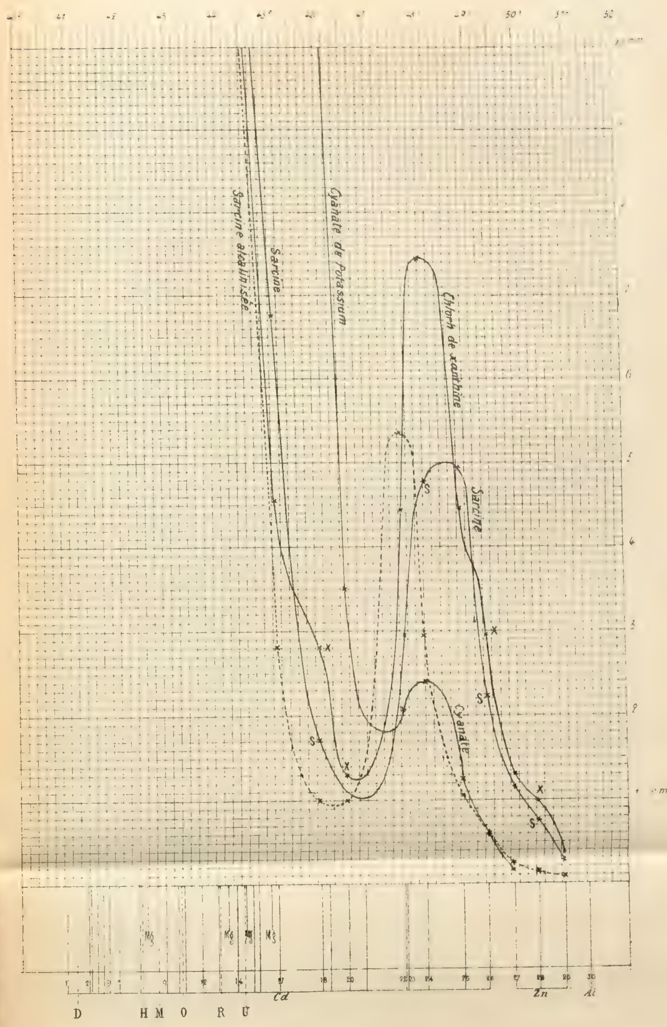
Substances diverses



Série de l'Acide Urique

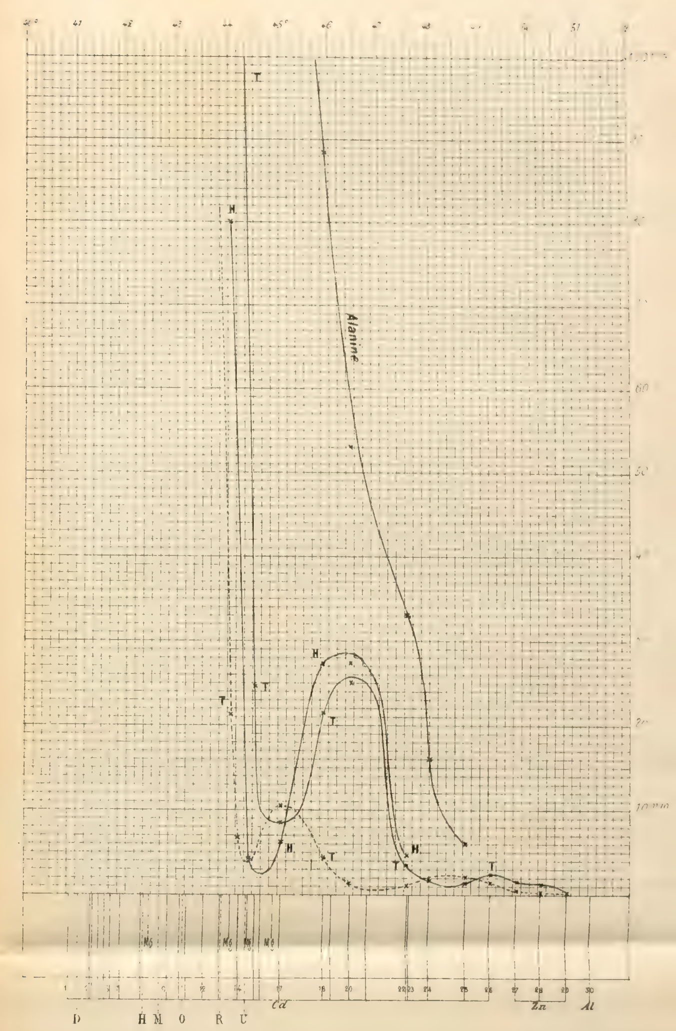


Sarcine à 0gr. 25 dans 1 litre.	*Courbe pleine, marquée S.*
Même solution après addition de soude.	*Courbe pointillée.*
Chlorhydrate de xanthine à 0gr. 433 dans 1 litre.	*Courbe pleine, marquée X.*
Cyanate de potassium, à 73gr. 75 dans 1 litre.	*Courbe pleine.*



Série de l'Acide Urique

Tyrosine artificielle à 0gr. 4 dans 1 litre.	*Courbe pleine, marquée T.*
Même solution après addition de soude	*Courbe point., marquée T.*
Hydroquinone à 0gr. 243 dans 1 litre.	*Courbe pleine, marquée H.*
Alanine à 15gr. dans 1 litre.	*Courbe pleine.*



Alanine, Tyrosine et Hydroquinone

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1882

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. A. KAMMERMANN
astronome-adjoint.

Le résumé météorologique de l'année 1882 continue à être publié sous la forme adoptée par notre regretté Directeur, M. E. Plantamour.

Il comprend l'année météorologique, commençant le 1er décembre 1881 ; dans un seul tableau, celui de la marche de la température de cinq en cinq jours, c'est-à-dire celui des pentades, on a fait usage de l'année civile. La température de l'année civile diffère du reste très peu de celle de l'année météorologique, les deux mois de décembre n'ayant pas eu une température très différente l'un de l'autre; l'année civile est de 0°,1 plus chaude que l'année météorologique.

Pour le Saint-Bernard la différence est pour ainsi dire nulle, les deux mois de décembre ayant des températures qui ne diffèrent que de 0°,1.

Dans la comparaison de l'année 1882 avec les valeurs moyennes, on a fait partout usage des « Nouvelles études sur le climat de Genève, » par E. Plantamour, qui embrassent les observations faites de 1826 à 1875 inclusivement. Les moyennes pour le Saint-Bernard se rapportent aux observations faites jusqu'à l'année 1867 inclusivement.

Suivent les tableaux donnant pour chaque station la température aux heures paires des différents mois de l'année météorologique ; les formules représentant la variation diurne de la température, l'heure étant comptée à partir de midi ; enfin les écarts entre la température observée pour chaque mois et la température normale.

TEMPÉRATURE A GENÈVE 1882.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	
Déc. 1881.	+ 2,55	+ 3,01	+ 2,39	+ 1,53	+ 0,76	+ 0,08	− 0,34	− 0,41	− 0,52	− 0,69	− 0,68	+ 0,89	+ 0,71	− 1,83	+ 4,11
Janv. 1882	+ 1,13	+ 1,62	+ 1,47	+ 0,89	+ 0,42	+ 0,08	− 0,22	− 0,70	− 1,18	− 1,38	− 1,40	− 0,25	+ 0,04	− 2,12	+ 2,38
Février . .	+ 4,04	+ 5,13	+ 4,83	+ 3,45	+ 2,32	+ 1,41	+ 0,72	− 0,05	− 0,64	− 0,32	+ 0,23	+ 2,28	+ 1,95	− 1,20	+ 5,92
Mars . . .	+10,01	+11,23	+11,61	+10,25	+ 7,90	+ 6,29	+ 4,69	+ 3,55	+ 2,79	+ 3,38	+ 5,30	+ 8,44	+ 7,12	+ 2,42	+12,81
Avril . . .	+11,98	+12,83	+12,53	+11,61	+ 9,93	+ 8,47	+ 6,78	+ 5,38	+ 4,82	+ 5,44	+ 8,05	+10,06	+ 8,99	+ 4,39	+14,11
Mai	+15,83	+17,01	+17,30	+16,30	+13,92	+12,28	+10,47	+ 9,20	+ 8,80	+10,26	+12,67	+14,39	+13,20	+ 8,56	+18,92
Juin. . . .	+18,70	+19,43	+19 14	+18,08	+15,75	+14,28	+12,90	+11,80	+11,54	+12,95	+15,30	+16,96	+15,57	+10,74	+21,21
Juillet. . .	+19,43	+20,46	+20,41	+19,31	+17,55	+15,79	+14,53	+12,93	+12,52	+14,07	+17,34	+18,52	+16,90	+12,01	+22,23
Août . . .	+20,11	+21,29	+20,93	+19,32	+17,21	+15,60	+14,59	+13,10	+12,30	+13,41	+16,64	+18,56	+16,93	+11,84	+22,75
Septembre	+15,70	+16,36	+15,54	+14,29	+13,02	+12,44	+11,84	+10,97	+10,47	+10,87	+12,74	+14,27	+13,21	+10,10	+17,69
Octobre. .	+13,36	+13,59	+12,89	+11,48	+10,38	+ 9,44	+ 8,68	+ 8,26	+ 7,97	+ 8,64	+ 9,72	+11,94	+10,53	+ 7,31	+15,07
Novembre	+ 8,77	+ 8,82	+ 7,83	+ 7,02	+ 6,27	+ 5,83	+ 5,14	+ 4,51	+ 4,07	+ 4,28	+ 4,93	+ 7,19	+ 6,22	+ 3,05	+10,31
Hiver . . .	+ 2,52	+ 3,19	+ 2,83	+ 1,91	+ 1,13	+ 0,49	+ 0,03	− 0,40	− 0,78	− 0,81	− 0,65	+ 0,93	+ 0,87	− 1,73	+ 4,08
Printemps	+12,61	+13,70	+13,83	+12,73	+10,59	+ 9,02	+ 7,32	+ 6,05	+ 5,48	+ 6,37	+ 8,68	+10,97	+ 9,78	+ 5,13	+15,29
Été	+19,42	+20,41	+20,17	+18,91	+16,85	+15,23	+14,02	+12,62	+12,13	+13,48	+16,44	+18,03	+16,48	+11,54	+22,07
Automne .	+12,62	+12,93	+12,10	+10,93	+ 9,90	+ 9,24	+ 8,55	+ 7,92	+ 7,51	+ 7,94	+ 9,14	+11,14	+ 9,99	+ 6,83	+14,47
Année . .	+11,84	+12,61	+12,28	+11,17	+ 9,66	+ 8,54	+ 7,52	+ 6,58	+ 6,12	+ 6,78	+ 8,45	+10,32	+ 9,32	+ 5,48	+14,03

TEMPÉRATURE AU SAINT-BERNARD, 1882.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1881	− 5,39	− 5,49	− 6,37	− 6,95	− 7,08	− 7,10	− 7,16	− 7,30	− 7,35	− 7,36	− 6,95	− 6,26	− 6,73
Janvier 1882 . .	− 1,39	− 1,03	− 2,49	− 3,25	− 3,45	− 3,64	− 3,84	− 4,00	− 3,82	− 3,91	− 3,62	− 3,00	− 3,12
Février	− 3,47	− 3,16	− 4,08	− 5,72	− 6,25	− 6,49	− 6,79	− 7,11	− 7,29	− 7,27	− 6,77	− 5,32	− 5,81
Mars	− 0,44	− 0,30	− 1,22	− 3,25	− 4,01	− 4,25	− 4,49	− 5,10	− 5,30	− 4,72	− 3,31	− 2,01	− 3,20
Avril	− 0,91	− 0,57	− 1,32	− 2,70	− 3,71	− 4,30	− 4,89	− 5,61	− 5,95	− 5,53	− 3,80	− 2,23	− 3,46
Mai	+ 4,11	+ 4,25	+ 3,80	+ 2,47	+ 1,44	+ 0,86	+ 0,37	− 0,38	− 0,87	− 0,49	+ 1,10	+ 2,77	+ 1,62
Juin	+ 6,49	+ 6,60	+ 5,99	+ 4,97	+ 3,65	+ 2,83	+ 1,60	+ 0,76	+ 0,64	+ 1,50	+ 3,54	+ 5,35	+ 3,66
Juillet	+ 7,54	+ 7,48	+ 7,03	+ 6,02	+ 5,43	+ 4,90	+ 4,01	+ 3,10	+ 2,72	+ 3,71	+ 4,98	+ 6,65	+ 5,29
Août	+ 7,36	+ 7,91	+ 7,03	+ 5,88	+ 5,01	+ 4,48	+ 4,14	+ 3,75	+ 3,36	+ 3,46	+ 4,66	+ 6,45	+ 5,29
Septembre . . .	+ 3,72	+ 3,31	+ 2,79	+ 2,19	+ 1,59	+ 1,37	+ 0,89	+ 0,49	+ 0,17	+ 0,52	+ 1,91	+ 3,22	+ 1,85
Octobre	+ 0,81	+ 1,00	+ 0,13	− 0,61	− 0,91	− 1,24	− 1,50	− 1,72	− 1,82	− 1,54	− 0,75	+ 0,28	− 0,65
Novembre . . .	− 3,18	− 3,55	− 4,50	− 5,25	− 5,79	− 5,95	− 6,02	− 5,82	− 5,62	− 5,39	− 5,00	− 4,16	− 5,02
Hiver	− 3,41	− 3,23	− 4,32	− 5,29	− 5,57	− 5,72	− 5,90	− 6,10	− 6,11	− 6,14	− 5,75	− 4,84	− 5,20
Printemps . . .	+ 0,94	+ 1,15	+ 0,44	− 1,14	− 2,08	− 2,54	− 2,98	− 3,68	− 4,02	− 3,56	− 1,98	− 0,47	− 1,66
Été	+ 7,14	+ 7,34	+ 6,69	+ 5,63	+ 4,71	+ 4,09	+ 3,27	+ 2,56	+ 2,26	+ 2,91	+ 4,40	+ 6,16	+ 4,76
Automne	+ 0,46	+ 0,26	− 0,52	− 1,22	− 1,69	− 1,93	− 2,20	− 2,34	− 2,42	− 2,13	− 1,27	− 0,22	− 1,27
Année	+ 1,31	+ 1,41	+ 0,60	− 0,48	− 1,13	− 1,60	− 1,93	− 2,37	− 2,55	− 2,21	− 1,13	+ 0,19	− 0,82

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1882.

Décembre 1881	$t = +0{,}71^\circ + 1{,}72^\circ \sin(\mu + 45{,}0^\circ) + 0{,}62^\circ \sin(2\mu + 37{,}6^\circ) + 0{,}22^\circ \sin(3\mu + 71{,}2^\circ)$
Janvier 1882 . .	$t = +0{,}04 + 1{,}35 \sin(\mu + 25{,}4) + 0{,}49 \sin(2\mu + 48{,}6) + 0{,}10 \sin(3\mu + 37{,}2)$
Février	$t = +1{,}95 + 2{,}69 \sin(\mu + 39{,}3) + 0{,}63 \sin(2\mu + 46{,}0) + 0{,}08 \sin(3\mu + 285{,}0)$
Mars	$t = +7{,}12 + 4{,}30 \sin(\mu + 40{,}8) + 0{,}38 \sin(2\mu + 61{,}9) + 0{,}27 \sin(3\mu + 213{,}9)$
Avril	$t = +8{,}99 + 3{,}94 \sin(\mu + 42{,}7) + 0{,}40 \sin(2\mu + 108{,}2) + 0{,}10 \sin(3\mu + 236{,}1)$
Mai	$t = +13{,}20 + 4{,}11 \sin(\mu + 45{,}5) + 0{,}13 \sin(2\mu + 195{,}5) + 0{,}31 \sin(3\mu + 256{,}3)$
Juin	$t = +15{,}57 + 3{,}91 \sin(\mu + 51{,}4) + 0{,}17 \sin(2\mu + 110{,}9) + 0{,}23 \sin(3\mu + 262{,}6)$
Juillet	$t = +16{,}91 + 3{,}82 \sin(\mu + 50{,}4) + 0{,}41 \sin(2\mu + 170{,}0) + 0{,}44 \sin(3\mu + 262{,}2)$
Août	$t = +16{,}93 + 4{,}20 \sin(\mu + 49{,}4) + 0{,}45 \sin(2\mu + 95{,}4) + 0{,}42 \sin(3\mu + 254{,}5)$
Septembre . . .	$t = +13{,}21 + 2{,}64 \sin(\mu + 51{,}9) + 0{,}60 \sin(2\mu + 77{,}1) + 0{,}15 \sin(3\mu + 278{,}9)$
Octobre	$t = +10{,}53 + 2{,}72 \sin(\mu + 56{,}2) + 0{,}54 \sin(2\mu + 70{,}7) + 0{,}07 \sin(3\mu + 91{,}6)$
Novembre . . .	$t = +6{,}22 + 2{,}17 \sin(\mu + 48{,}2) + 0{,}73 \sin(2\mu + 79{,}3) + 0{,}18 \sin(3\mu + 79{,}0)$

Formules de la variation diurne de la température au St-Bernard, pendant l'année 1882.

Décembre 1881.	$t = -6{,}73 + 0{,}81 \sin(\mu + 70{,}3) + 0{,}45 \sin(2\mu + 73{,}7) + 0{,}14 \sin(3\mu + 48{,}9)$
Janvier 1882 . .	$t = -3{,}12 + 1{,}15 \sin(\mu + 62{,}8) + 0{,}59 \sin(2\mu + 55{,}1) + 0{,}34 \sin(3\mu + 35{,}8)$
Février	$t = -5{,}81 + 1{,}85 \sin(\mu + 55{,}3) + 0{,}82 \sin(2\mu + 55{,}2) + 0{,}24 \sin(3\mu + 31{,}2)$
Mars	$t = -3{,}20 + 2{,}29 \sin(\mu + 65{,}8) + 0{,}73 \sin(2\mu + 70{,}1) + 0{,}21 \sin(3\mu + 328{,}9)$
Avril	$t = -3{,}46 + 2{,}50 \sin(\mu + 56{,}1) + 0{,}57 \sin(2\mu + 80{,}5) + 0{,}08 \sin(3\mu + 286{,}3)$
Mai	$t = +1{,}62 + 2{,}41 \sin(\mu + 53{,}2) + 0{,}59 \sin(2\mu + 80{,}8) + 0{,}10 \sin(3\mu + 246{,}7)$
Juin	$t = +3{,}66 + 2{,}96 \sin(\mu + 56{,}6) + 0{,}43 \sin(2\mu + 115{,}9) + 0{,}03 \sin(3\mu + 234{,}2)$
Juillet	$t = +5{,}29 + 2{,}22 \sin(\mu + 54{,}2) + 0{,}53 \sin(2\mu + 117{,}1) + 0{,}08 \sin(3\mu + 310{,}5)$
Août	$t = +5{,}29 + 2{,}06 \sin(\mu + 55{,}8) + 0{,}59 \sin(2\mu + 68{,}1) + 0{,}04 \sin(3\mu + 173{,}2)$
Septembre . . .	$t = +1{,}85 + 1{,}55 \sin(\mu + 64{,}1) + 0{,}49 \sin(2\mu + 111{,}5) + 0{,}12 \sin(3\mu + 174{,}0)$
Octobre	$t = -0{,}65 + 1{,}28 \sin(\mu + 66{,}3) + 0{,}38 \sin(2\mu + 85{,}2) + 0{,}05 \sin(3\mu + 37{,}5)$
Novembre . . .	$t = -5{,}02 + 1{,}22 \sin(\mu + 84{,}8) + 0{,}42 \sin(2\mu + 60{,}5) + 0{,}16 \sin(3\mu + 70{,}1)$

ÉPOQUE.	ÉCARTS. Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
	°	°	°
Décembre 1881..	−0,09	+0,86	−0,95
Janvier 1882....	+0,12	+5,92	−5,80
Février	+0,35	+2,80	−2,45
Mars...........	+2,52	+4,12	−1,60
Avril...........	+0,02	−0,19	+0,21
Mai............	0,00	+1,11	−1,11
Juin...........	−1,24	−0,43	−0,81
Juillet	−1,91	−0,87	−1,04
Août...........	−0,98	−0,69	−0,29
Septembre......	−1,45	−1,47	+0,02
Octobre	+0,65	−0,17	+0,82
Novembre	+1,67	+0,28	+1,39
Hiver 1881	+0,12	+3,20	−3,08
Printemps......	+0,86	+1,70	−0,84
Été............	−1,37	−0,66	−0,71
Automne.......	+0,29	−0,45	+0,74
Année 1882.....	−0,02	+0,94	−0,96

Les écarts des mois de décembre, janvier et février sont très faibles vis-à-vis des écarts probables qu'ils comportent; l'hiver 1882 peut donc être considéré comme normal par rapport à la température. On ne compte que trois jours très froids pour lesquels la température soit descendue au-dessous de 5°, et encore pour le jour le plus froid ce n'est que de 0°,6. Le maximum est descendu au-dessous de zéro 5 fois en décembre, 14 fois en janvier et 8 fois en février. Malgré cela les températures des mois de janvier et février sont au-dessus de la normale; cela provient d'une série de jours exceptionnellemeut chauds du 3 au 13 janvier d'une part, et du 14 à fin février de l'autre.

Les mois de mars et d'avril ont été plus chauds que les moyennes des 50 années; pour le mois de mars surtout, l'écart dépasse plus de deux fois l'écart probable. On

ne trouve dans la série des 50 années 1826-1875 que deux mois de mars ayant une température plus élevée, de 0°,02, que celle du même mois en 1882; ce sont les années 1836 et 1873. L'écart est nul pour le mois de mai, et pour le mois d'avril il n'est que de 0°,02 au-dessus de la normale. Malgré cela, l'écart du printemps, influencé par celui du mois de mars, est encore supérieur à l'écart probable.

L'été a été remarquablement froid; son écart avec la température normale dépasse de 2 fois et demie l'écart probable; dans la série des 50 années 1826 à 1875 on ne trouve que 3 étés plus froids: ceux de 1841, 1843 et 1853. Les écarts des trois mois de juin, juillet et août dépassent tous les écarts probables de ces mois et sont tous les trois négatifs. On ne rencontre pas un jour très chaud, c'est-à-dire dont la température dépasse + 25°; le jour le plus chaud est le 25 juin avec une température de 23°,3. Le mois de septembre est également très froid, tandis que les deux mois d'octobre et de novembre peuvent être comptés comme des mois très chauds relativement à leurs normales. L'automne a un écart positif.

Nous avons donc 3 saisons chaudes en présence d'une saison très froide, l'été. Malgré cela l'année est plus froide que la normale, d'une quantité très faible 0°,02. Elle doit donc être considérée comme année normale au point de vue météorologique. Si on la considère au point de vue de l'agriculture, elle doit être très mauvaise, les mois de juin, juillet, août et septembre ayant eu une température bien inférieure à la normale.

Tandis que le mois de janvier a une température sensiblement égale à la moyenne, pour Genève, on trouve que ce même mois est de 5°,9 plus élevé que la normale au

Saint-Bernard. Du 11 au 30 janvier une épaisse couche de brouillard a continuellement régné à Genève, tandis qu'au Saint-Bernard le ciel a été constamment pur. Aussi nous trouvons au Saint-Bernard une série de jours pour lesquels la température a été supérieure à celle de Genève; cela a eu lieu du 18 au 22 et du 24 au 26, soit pendant 8 jours. Du 14 au 27 janvier le maximum des 9 observations du Saint-Bernard a été plus élevé que le maximum absolu à Genève, le 15 janvier excepté. Les températures des mois de février et de mars sont aussi beaucoup plus élevées que les normales; aussi les écarts de l'hiver et du printemps sont tous deux positifs et très grands, surtout pour l'hiver. L'été et l'automne ont en revanche des écarts négatifs. L'année météorologique au Saint-Bernard est de 1° plus élevée que la moyenne des 27 années 1841 à 1867. Si nous prenons la différence des écarts pour les deux stations, nous trouvons l'énorme différence de —5°,8 pour le mois de janvier, et de —3°,1 pour l'hiver. Cette différence est négative pour trois saisons, positive en automne seulement; elle est de —1° pour l'année.

Les tableaux suivants renferment, sous la même forme que dans les résumés antérieurs, les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température. A Genève, le jour le plus froid, —5°,75, tombe sur le 29 décembre 1881, et le jour le plus chaud, + 23°,33 sur le 15 juin 1882, ce qui donne une amplitude de 29°,08 pour la différence entre le jour le plus chaud et le jour le plus froid de l'année. La différence entre le mois le plus froid, janvier avec + 0°,04, et le mois le plus chaud, août avec + 16°,93, n'est que

de 16°,89; ces amplitudes sont très faibles comparées à celles des années précédentes. Si le 29 décembre 1881 a été le jour le plus froid de l'année, l'écart avec la température normale pour cette date est —5°,63, tandis que celui du 13 juin atteint —8°,47; la température de ce jour a été de +8°,24, c'est-à-dire le chiffre que les valeurs normales attribuent au 25 octobre et au 11 avril. L'écart positif le plus grand +8°,96 a eu lieu le 26 février, et non le 25 juin, où l'écart n'a été que de +5°,52. La température du 26 février +11°,61 est assignée par les valeurs normales au 6 octobre et au 5 mai. L'écart positif du 26 novembre +8°,94 égale presque celui du 26 février. La température de ce jour +11°,86 est attribuée par les moyennes des 50 années 1826-1875 au 4 octobre et au 7 mai.

Au St-Bernard le jour le plus froid de l'année —14°,79, tombe sur le 18 novembre 1882, et le jour le plus chaud +12°,37, sur le 19 juillet, l'amplitude entre les deux valeurs extrêmes de la température moyenne des 24 heures est donc de 27°,16. Les valeurs extrêmes des moyennes mensuelles correspondent aux mois de décembre,—6°,73, et de juillet et août, +5°,29; l'amplitude est donc de 12°,02. Ces amplitudes sont, de même qu'à Genève, extrêmement faibles vis-à-vis de celles des autres années. L'écart négatif maximum —9°,41, tombe aussi sur le 18 novembre 1882 tandis que l'écart positif extrême +11°,36 a eu lieu le 28 décembre 1881, et non le jour le plus chaud de l'année. On trouve encore des écarts négatifs très forts pour un jour: de —9°,04 le 13 juin et de —9°,01 le 13 septembre, et des écarts positifs très forts, de +9°,62 le 18 janvier, de +10°,20 le 17 mars et de +9°,13 le 2 juin.

Pendant les trois mois d'hiver, on compte 6 jours, 3 en décembre et 3 en janvier, pour lesquels la température moyenne des 24 heures s'est élevée au-dessus de 0° au Saint-Bernard. Dans les mois de juillet et d'août on ne rencontre qu'un jour, dans chacun d'eux, pour lequel la moyenne soit au-dessous de 0°. Dans le mois de janvier, la température a constamment été supérieure à la normale, excepté le 8.

On a relevé pour Genève la température moyenne de cinq en cinq jours pour l'année civile, du 1er janvier au 31 décembre 1882, en inscrivant à côté l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 50 années 1826-1875. Lorsque l'écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, le chiffre est mis entre parenthèses. Sur les 73 pentades, on en trouve 38 avec le signe +, et 35 avec le signe — pour l'écart ; sur les 38 écarts positifs il s'en trouve 17 qui dépassent les limites de l'écart probable, et l'écart positif maximum + 8°,25 tombe sur la période du 27 au 31 décembre. Sur les 35 écarts négatifs, 18 dépassent les limites de l'écart probable, et l'écart négatif extrême —6°,29 tombe sur la période du 13 au 17 septembre. Les variations de la température ont été parfois très brusques, ainsi que cela ressort de la comparaison entre les écarts de deux pentades consécutives ; la différence extrême 7°,78 entre la 16e et la 17e pentade est produite par un brusque refroidissement de l'air ; la température qui était de 11°,8 le 21 mars tombe à 1°,6 le 22, soit une différence de 10°,1 entre ces deux jours. On peut citer sous le même rapport la fin de février, le milieu de septembre, la fin de novembre et de décembre. La moyenne arithmétique des 73 pentades donne 9°,44 pour

la température moyenne de l'année civile, soit 0°,10 d'excédant sur la moyenne,

La période du 20 au 24 juillet donne le chiffre le plus élevé pour la température d'une pentade, soit + 20°,30; celle du 5 au 9 février donne le chiffre le plus bas, soit —2°,46; l'amplitude entre ces deux périodes extrêmes est donc de 22°,76.

GENÈVE, 1882.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids	froids		tempérés		chauds		très chauds		
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1881 .	3	7	17	4	—	—	—	—	- 5°,75 le 29	+ 7°,22 le 18
Janv. 1882.	—	19	10	2	—	—	—	—	- 4,00 le 1	+ 6,19 le 7
Février. . .	—	11	12	3	2	—	—	—	- 4,35 le 11	+11,61 le 26
Mars. . . .	—	—	4	24	3	—	—	—	+ 1,57 le 23	+13,45 le 20
Avril. . . .	—	—	3	18	9	—	—	—	+ 4,69 le 10	+13,23 le 23
Mai	—	—	—	6	17	7	1	—	+ 7,83 le 16	+21,55 le 30
Juin	—	—	—	2	12	13	3	—	+ 8,24 le 13	+23,33 le 25
Juillet . . .	—	—	—	—	6	20	5	—	+12,14 le 12	+22,07 le 21
Août	—	—	—	—	7	22	2	—	+13,09 le 27	+20,27 le 13
Septembre.	—	—	—	8	10	11	1	—	+ 7,42 le 13	+21,87 le 3
Octobre . .	—	—	—	15	14	2	—	—	+ 5,87 le 27	+16,01 le 1
Novembre .	—	—	12	14	4	—	—	—	+ 0,74 le 29	+11,86 le 26
Année . . .	3	37	58	96	84	75	12	—	- 5,75 le 29 Déc. 1881	+23,33 le 25 Juin 1882.

GENÈVE, 1882. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1881	14	17	7	± 2°,28	− 5°,63 le 29	+ 6°,70 le 18	± 1°,45	− 3°,50 le 22	+ 5°,89 le 18
Janvier 1882	19	12	3	2,25	3,79 le 1	6,51 le 7	1,15	4,32 le 8	6,52 le 3
Février . . .	13	15	2	2,99	5,55 le 11	8,96 le 26	1,57	4,13 le 16	5,66 le 25
Mars	8	23	4	3,47	4,07 le 23	8,19 le 20	1,38	10,13 le 22	3,03 le 25
Avril	13	17	9	1,83	5,52 le 27	3,32 le 23	1,60	5,54 le 27	5,16 le 29
Mai	17	14	9	2,45	5,42 le 17	6,46 le 30	1,64	4,71 le 14	3,92 le 28
Juin	20	10	5	3,06	8,47 le 13	5,52 le 25	2,23	5,54 le 5	4,80 le 15
Juillet	24	7	4	2,51	6,59 le 12	3,18 le 21	1,68	4,72 le 12	3,32 le 13
Août	20	11	10	1,65	4,02 le 27	2,04 le 13	1,45	4,65 le 24	3,49 le 29
Septembre .	18	12	3	2,93	7,70 le 13	5,50 le 3	1,63	7,01 le 13	4,71 le 29
Octobre . . .	14	16	11	1,68	2,02 le 4	4,78 le 24	1,45	5,91 le 25	4,04 le 28
Novembre . .	11	19	8	2,54	3,28 le 18	8,94 le 26	1,85	6,13 le 27	5,58 le 23
Année . . .	191	173	75	± 2,47	− 8,47 le 13 juin.	+ 8,96 le 26 février.	± 1,59	−10,13 le 22 mars.	+ 6,52 le 3 janvier.

Le 13 octobre l'écart est nul.

SAINT-BERNARD, 1882.

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre −20° et −15	−15° et −10	−10° et −5	−5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
Décembre 1881.	—	4	20	4	3	—	—	—	−14°,46 le 24	+2°,91 le 28
Janvier 1882 . .	—	—	8	20	3	—	—	—	−9,08 le 8	+0,60 18-20
Février	—	3	15	10	—	—	—	—	−11,62 le 16	−0,96 le 24
Mars	—	3	8	10	10	—	—	—	−13,98 le 23	+3,15 le 17
Avril	—	2	5	19	4	—	—	—	−12,32 le 11	+1,80 le 22
Mai	—	—	3	7	13	7	1	—	−6,67 le 17	+10,42 le 30
Juin	—	—	1	7	10	10	2	—	−5,09 le 13	+11,92 le 2
Juillet	—	—	—	1	16	10	4	—	−0,69 le 12	+12,37 le 19
Août	—	—	—	1	13	16	1	—	−1,18 le 27	+10,93 le 12
Septembre . . .	—	—	1	13	7	8	1	—	−5,13 le 13	+10,12 le 3
Octobre	—	—	2	20	7	2	—	—	−5,70 le 26	+7,13 le 1
Novembre . . .	—	6	7	13	4	—	—	—	−14,79 le 18	+2,84 le 6
Année	—	18	70	125	90	53	9	—	−14,79 le 18 novembre 1882.	+12,37 le 19 juillet 1882.

SAINT-BERNARD, 1882. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1881 . .	18	13	10	±2,97°	− 6,18° le 24	+11,36° le 28	±2,56°	− 5,64° le 24	+ 7,05° le 26
Janvier 1882.	1	30	2	5,83	0,25 le 8	9,62 le 18	1,63	5,96 le [illegible]8	6,22 le 9
Février . . .	5	23	6	3,52	2,83 le 16	7,56 le 22	2,00	7,33 le 16	7,89 le 22
Mars	6	25	6	5,17	7,51 le 23	10,20 le 17	2,47	8,37 le 22	9,56 le 24
Avril	14	16	8	2,46	8,10 le 11	4,51 le 22	2,17	5,14 le 27	4,99 le 20
Mai	11	20	8	3,47	7,47 le 17	7,99 le 30	2,26	5,10 le 15	7,40 le 11
Juin.	18	12	7	3,67	9,04 le 13	9,13 le 2	3,35	7,40 le 13	7,94 le 6
Juillet. . . .	18	13	10	2,95	6,68 le 12	6,14 le 19	2,80	5,45 le 12	6,03 le 18
Août	21	10	8	1,74	6,64 le 27	4,71 le 12	1,76	4,04 le 30	4,54 le 23
Septembre .	18	12	3	3,32	9,01 le 13	5,22 le 3	1,57	7,88 le 13	5,89 le 29
Octobre. . .	17	14	8	2,09	4,04 le 4	5,62 le 1	2,00	4,48 le 4	4,71 le 31
Novembre. .	13	17	7	3,83	9,41 le 18	6,70 le 6	2,72	7,57 le 27	11,11 le 19
Année . . .	160	205	83	±3,42	− 9,41 le 18 novemb. 1882.	+11,36 le 28 décemb. 1881.	±2,27	− 8,37 le 22 mars.	+11,11 le 19 novembre.

1882. Température de 5 en 5 jours, à Genève.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 1,53	+1,79	30– 4 Juillet	+16,51	(–1,77)
6–10 id.	+ 3,52	(+3,83)	5– 9 id.	+15,85	(–2,70)
11–15 id.	+ 0,16	+0,45	10–14 id.	+15,22	(–3,51)
16–20 id.	– 1,18	–0,98	15–19 id.	+18,56	–0,29
21–25 id.	– 1,78	–1,75	20–24 id.	+20,30	+1,40
26–30 id.	– 2,42	(–2,63	25–29 id.	+15,50	(–3,37)
31– 4 Février	– 0,32	–0,83	30– 3 Août	+17,59	–1,18
5– 9 id.	– 2,46	(–3,33)	4– 8 id.	+17,33	–1,26
10–14 id.	– 0,99	(–2,27)	9–13 id.	+18,52	+0,17
15–19 id.	+ 3,94	(+2,20)	14–18 id.	+16,22	(–1,81)
20–24 id.	+ 3,40	+1,17	19–23 id.	+18,26	+0,61
25– 1 Mars	+ 9,46	(+6,70)	24–28 id.	+14,02	(–3,19)
2– 6 Mars	+ 6,46	(+3,14)	29– 2 Septemb.	+16,17	–0,52
7–11 id.	+ 7,72	(+3,82)	3– 7 id.	+17,88	(+1,75)
12–16 id.	+ 8,52	(+4,02)	8–12 id.	+16,12	+0,61
17–21 id.	+10,63	(+5,50)	13–17 id.	+ 8,56	(–6,29)
22–26 id.	+ 3,45	(–2,28)	18–22 id.	+10,33	(–3,80)
27–31 id.	+ 5,64	–0,79	23–27 id.	+11,05	(–2,31)
1– 5 Avril	+ 8,89	+1,78	28– 2 Octobre	+14,45	(+1,88)
6–10 id.	+ 8,19	+0,40	3– 7 id.	+10,84	–0,90
11–15 id.	+ 6,65	(–1,84)	8–12 id.	+13,13	(+2,25)
16–20 id.	+ 9,64	+0,45	13–17 id.	+ 9,60	–0,41
21–25 id.	+11,65	+1,74	18–22 id.	+ 9,81	+0,70
26–30 id.	+ 8,93	–1,70	23–27 id.	+ 9,18	+0,97
1– 5 Mai	+11,73	+0,38	28– 1 Novemb.	+ 8,09	+0,77
6–10 id.	+12,09	+0,02	2– 6 id.	+ 9,18	(+2,74)
11–15 id.	+14,07	+1,29	7–11 id.	+ 8,93	(+3,36)
16–20 id.	+ 9,13	(–4,36)	12–16 id.	+ 4,96	+0,22
21–25 id.	+13,64	–0,53	17–21 id.	+ 2,82	–1,12
26–30 id.	+17,26	(+2,43)	22–26 id.	+ 7,86	(+4,66)
31– 4 Juin	+18,72	(+3,26)	27– 1 Décemb.	+ 2,08	–0,44
5– 9 id.	+13,72	(–2,34)	2– 6 id.	+ 2,01	+0,13
10–14 id.	+11,20	(–5,41)	7–11 id.	– 0,02	–1,35
15–19 id.	+13,68	(–3,43)	12–16 id.	+ 0,33	–0,51
20–24 id.	+18,38	+0,81	17–21 id.	– 0,78	–1,22
25–29 id.	+18,50	+0,54	22–26 id.	+ 3,46	(+3,33)
			27–31 id.	+ 8,14	(+8,25)

GENÈVE, 1882. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

ÉPOQUE.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
Déc. 1881 . . .	— 8,7	le 28, 30	+ 10,0	le 18	20	5
Janv. 1882 . .	— 7,0	le 2	+ 11,1	le 3	28	14
Février	— 6,3	le 11	+ 18,6	le 25	20	8
Mars	— 1,0	le 29	+ 19,9	le 20	5	0
Avril	— 1,2	le 11	+ 21,0	le 22	1	0
Mai	+ 2,3	le 19	+ 27,8	le 30	0	0
Juin	+ 5,4	le 17	+ 30,1	le 25	0	0
Juillet	+ 8,7	le 31	+ 29,2	le 21	0	0
Août	+ 6,8	le 31	+ 30,1	le 13	0	0
Septembre . . .	+ 2,3	le 14	+ 27,2	le 3	0	0
Octobre	+ 1,0	le 31	+ 21,0	le 1, 10	0	0
Novembre . . .	— 3,4	le 19	+ 19,0	le 5	3	0
Année	— 8,7	le 28, 30 déc. 1881.	+ 30,1	le 25 juin et 13 août 1882.	77	27

SAINT-BERNARD, 1882.

Epoque.	Minimum.	Date.	Matin.	Maximum.	Date.
Déc. 1881.	—15,8	le 24	8 h.m.	+ 5,0	le 28 à 2 h. s.
Janv. 1882	—12,9	le 8	6 h.m.	+ 4,0	le 20 à midi.
Février. . .	—14,4	le 20	6 h.m.	+ 2,8	le 25 à 2 h. s.
Mars.	—17,7	le 23	10 h.m.	+ 7,5	le 17 à midi.
Avril.	—14,5	le 11	6 h.m.	+ 5,8	le 22 à 4 h. s.
Mai	— 9,3	le 18	6 h.m.	+13,0	le 29 à 4 h. s. 30 à midi.
Juin	— 6,3	le 13	6, 8 h.s.	+15,7	le 2 à 2 h. s.
Juillet. . . .	— 1,7	le 27	6 h.m.	+14,9	le 19 à 2 h. s.
Août	— 2,5	le 31	6 h.m.	+14,8	le 12 à 2 h. s.
Septembre.	— 8,2	le 14	6 h.m.	+12,8	le 3 à midi
Octobre . .	— 7,2	le 26	8 h.m.	+10,0	le 1 à midi
Novembre.	—15,2	le 17	10 h.s.	+ 4,6	le 6 à 2 h. s. et 4 h. s.
Année . . .	—17,7	le 23 mars	10 h.m.	+15,7	le 2 juin à 2 h. s.

A Genève, le minimum absolu de l'année, enregistré au thermométrographe, est de —8°,7 les 28 et 30 décembre; il est de 4°,1 plus élevé que la valeur probable du minimum absolu d'après les 40 années 1836-75, qui est de —12°,8. Le maximum absolu est de 30°,1 le 25 juin et le 13 août, soit de 2°,4 inférieur à la valeur moyenne du maximum absolu, +32°,5. L'amplitude totale de l'excursion de la température en 1882 est de 38°,8, au lieu de 45°,3 pour une année normale, soit de 6°,5 inférieure. Le minimum s'est abaissé pour la dernière fois au printemps au-dessous de 0° le 11 avril; la lecture de ce jour est —1°,2. La dernière gelée blanche a eu lieu le 13 avril, le minimum étant ce jour-là de 0°,0.

La neige s'est montrée pour la dernière fois sur le Reculet le 17 juin et le minimum s'est abaissé ce jour là à 5°,4. La première gelée blanche de l'automne a eu lieu le 31 octobre, le minimum étant de +1°,0; ce dernier est tombé pour la premiere fois de la saison au-dessous de 0° le 18 novembre; il était à cette date de —2°,5. La neige a fait sa réapparition sur le grand Salève le 13 septembre, soit un peu moins de 3 mois après sa disparition.

Au Saint-Bernard, où à défaut de thermométrographe on peut seulement noter les températures extrêmes marquées par le thermomètre de 6 h. du matin à 10 h. du soir, on trouve dans tous les mois des lectures négatives, et de même des maxima dépassant 0°. Les extrêmes sont de —17°,7 le 23 mars et +15°,7 le 2 juin, ce qui donne 33°,4 pour l'amplitude de l'excursion thermométrique.

Température du Rhône en 1882.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Excédant sur la moyenne 1853-1875	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1881 . .	+ 7,48	+0,87	+ 5,5 le 30	+ 9,4 le 1	+ 6,77
Janvier 1882 . . .	+ 5,53	+0,42	+ 4,7 le 30	+ 6,2 le 7	+ 5,49
Février	+ 5,27	+0,31	+ 4,5 le 11	+ 6,8 le 27	+ 3,32
Mars	+ 7,50	+1,38	+ 5,5 le 24	+10,7 le 20	+ 0,38
Avril	+ 9,50	+0,72	+ 7,8 le 1	+11,3 le 22	+ 0,51
Mai	+11,98	+0,26	+ 8,3 le 1	+15,3 le 30	— 1,22
Juin	+13,49	—1,85	+ 9,0 le 13	+18,9 le 26	— 2,08
Juillet	+16,08	—2,01	+10,7 le 13	+19,6 le 5	— 0,82
Août	+16,36	—2,29	+12,2 le 24	+19,2 le 15	— 0,57
Septembre.	+15,53	—1,54	+ 8,5 le 30	+18,4 le 11	+ 2,32
Octobre	+13,22	—0,76	+ 9,7 le 25	+16,3 le 3	+ 2,69
Novembre	+ 7,73	—1,90	+ 6,6 le 21 et le 22	+11,6 les 2, 3, 4 et 7.	+ 1,51
Année.	+10,81	—0,53	+ 4,5 le 11 février.	+19,6 le 5 juillet.	+ 1,49

Température du Rhône en 1882.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1881	±0°,89	— 0°,1 le 30	+1°,5 le 20	±0°,21	— 1°,1 le 24	+ 0°,4 le 6
Janvier 1882 .	0,52	— 0,1 le 30	+1,0 le 7	0,14	— 0,3 le 11	+ 0,5 le 31
Février	0,43	— 0,4 le 11 et 20	+1,5 le 27	0,20	- 0,6 le 7	+ 0,4 le 23 et 25
Mars.	1,42	— 1,2 le 24	+4,3 le 20	0,47	— 1,8 le 24	+ 0,7 le 11
Avril	1,44	— 1,8 le 28 et 29	+3,2 le 7	0,49	— 1,1 le 18 et 26	+ 1,2 le 4
Mai	0,83	— 1,8 le 1	+1,8 le 30	0,61	— 1,4 le 9	+ 2,0 le 6
Juin	2,73	— 6,1 le 13	+2,5 le 26	0,88	— 3,3 le 27	+ 4,1 le 24
Juillet	2,59	— 7,1 le 13	+2,3 le 5	1,32	— 7,4 le 6	+ 3,9 le 15
Août.	2,36	— 6,4 le 24	+0,4 le 15	0,95	— 3,0 le 24	+ 2,0 le 18
Septembre . .	1,71	— 7,3 le 30	+0,8 le 11	0,87	— 3,3 le 29	+ 3,9 le 2
Octobre	0,67	— 2,9 le 25	+0,9 le 3	0,48	— 1,6 le 24	+ 2,3 le 3
Novembre . .	1,17	— 2,8 le 11	+1,6 le 15	0,69	— 2,0 le 11	+ 3,5 le 15

GENÈVE, 1882. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1881	729,58	−0,17	−0,48	−0,32	−0,01	+0,25	+0,32	+0,17	−0,06	−0,21	−0,08	+0,13	+0,46
Janvier 1882 .	737,78	+0,09	−0,53	−0,43	−0,10	+0,25	+0,33	+0,11	−0,19	−0,37	−0,11	+0,31	+0,64
Février	734,51	+0,48	−0,39	−0,72	−0,58	−0,30	−0,17	−0,25	−0,28	−0,06	+0,44	+0,86	+0,97
Mars	728,68	+0,17	−0,40	−0,63	−0,52	+0,01	+0,34	+0,26	−0,19	−0,30	+0,13	+0,56	+0,57
Avril	723,63	−0,01	−0,52	−0,77	−0,64	−0,19	+0,02	−0,01	−0,05	+0,19	+0,58	+0,76	+0,64
Mai	727,07	−0,18	−0,56	−0,77	−0,54	−0,02	+0,26	+0,35	+0,25	+0,30	+0,33	+0,36	+0,22
Juin	727,42	+0,03	−0,38	−0,62	−0,55	−0,21	+0,14	+0,32	+0,24	+0,18	+0,19	+0,36	+0,30
Juillet	726,78	−0,06	−0,39	−0,60	−0,39	−0,03	+0,50	+0,54	+0,18	0,00	+0,04	+0,12	+0,07
Août.	727,52	+0,08	−0,31	−0,60	−0,53	−0,11	+0,14	+0,18	+0,05	+0,01	+0,29	+0,41	+0,39
Septembre . .	724,28	+0,01	−0,31	−0,37	−0,20	+0,23	+0,25	+0,13	−0,09	−0,16	−0,04	+0,23	+0,32
Octobre	725,22	−0,07	−0,46	−0,43	−0,14	+0,15	+0,31	+0,31	+0,02	−0,26	−0,07	+0,29	+0,35
Novembre . . .	724,81	0,00	−0,26	−0,23	+0,06	+0,23	+0,29	+0,08	−0,15	−0,24	−0,18	+0,12	+0,28
Hiver	733,94	+0,12	−0,47	−0,48	−0,22	+0,08	+0,17	+0,02	−0,17	−0,22	+0,07	+0,42	+0,68
Printemps. . .	726,49	−0,01	−0,49	−0,72	−0,57	−0,06	+0,21	+0,20	0,00	+0,06	+0,34	+0,56	+0,47
Été	727,24	+0,02	−0,36	−0,61	−0,49	−0,12	+0,26	+0,35	+0,16	+0,06	+0,17	+0,30	+0,25
Automne . . .	724,77	−0,02	−0,34	−0,34	−0,09	+0,20	+0,28	+0,17	−0,07	−0,22	−0,10	+0,21	+0,32
Année.	728,09	+0,03	−0,42	−0,54	−0,34	+0,02	+0,23	+0,19	−0,02	−0,08	+0,12	+0,37	+0,43

SAINT-BERNARD, 1882. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1881.	563,53	+0,01	-0,19	-0,16	-0,05	+0,12	+0,23	+0,13	-0,09	-0,20	-0,09	+0,06	+0,23
Janvier 1882 . .	570,89	+0,04	-0,15	-0,13	-0,05	+0,20	+0,27	+0,11	-0,16	-0,32	-0,18	+0,07	+0,29
Février	567,69	+0,26	+0,02	-0,11	-0,05	+0,01	+0,04	-0,09	-0,24	-0,29	-0,06	+0,16	+0,35
Mars	564,64	+0,07	-0,04	-0,07	+0,01	+0,19	+0,34	+0,19	-0,17	-0,34	-0,19	-0,07	+0,08
Avril	560,85	-0,04	-0,11	-0,07	+0,09	+0,26	+0,49	+0,42	+0,05	-0,34	-0,35	-0,27	-0,13
Mai.	565,95	0,00	-0,03	-0,03	+0,04	+0,30	+0,42	+0,26	-0,03	-0,26	-0,30	-0,27	-0,09
Juin	567,11	-0,04	-0,01	+0,01	+0,05	+0,19	+0,29	+0,29	+0,07	-0,26	-0,25	-0,21	-0,12
Juillet	567,30	-0,13	-0,05	-0,02	+0,07	+0,28	+0,45	+0,45	+0,10	-0,26	-0,36	-0,31	-0,23
Août	567,31	+0,07	+0,02	+0,04	+0,09	+0,21	+0,26	+0,08	-0,18	-0,28	-0,21	-0,11	+0,01
Septembre . . .	563,28	+0,06	+0,13	+0,16	+0,29	+0,37	+0,35	+0,09	-0,33	-0,57	-0,45	-0,16	+0,05
Octobre *. . . .	563,47	+0,09	-0,09	-0,05	+0,06	+0,19	+0,19	-0,05	-0,21	-0,26	-0,11	+0,07	+0,17
Novembre . . .	560,41	-0,16	-0,18	-0,03	+0,08	+0,18	+0,20	+0,08	-0,03	-0,06	-0,06	-0,03	+0,01
Hiver.	567,36	+0,10	-0,11	-0,13	-0,05	+0,11	+0,18	+0,05	-0,16	-0,26	-0,11	+0,09	+0,29
Printemps . . .	563,85	+0,01	-0,06	-0,06	+0,05	+0,25	+0,42	+0,29	-0,05	-0,31	-0,28	-0,20	-0,05
Été	567,24	-0,03	-0,01	+0,01	+0,07	+0,23	+0,33	+0,27	0,00	-0,27	-0,27	-0,21	-0,11
Automne	562,40	0,00	-0,05	+0,03	+0,14	+0,25	+0,25	+0,04	-0,19	-0,30	-0,21	-0,04	+0,08
Année	565,21	+0,02	-0,06	-0,04	+0,05	+0,21	+0,30	+0,16	-0,10	-0,28	-0,22	-0,09	+0,05

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver.	166,58	+0,02	-0,36	-0,35	-0,17	-0,03	-0,01	-0,03	-0,01	+0,04	+0,18	+0,33	+0,39
Printemps . . .	162,64	-0,02	-0,43	-0,66	-0,62	-0,31	-0,21	-0,09	+0,05	+0,37	+0,62	+0,76	+0,52
Été	160,00	+0,05	-0,35	-0,62	-0,56	-0,35	-0,07	+0,08	+0,16	+0,33	+0,44	+0,51	+0,36
Automne	162,37	-0,02	-0,29	-0,37	-0,23	-0,05	+0,03	+0,13	+0,12	+0,08	+0,11	+0,25	+0,24
Année	162,88	+0,01	-0,36	-0,50	-0,39	-0,19	-0,07	+0,03	+0,08	+0,20	+0,34	+0,46	+0,38

* Par suite d'une erreur de signe dans la correction des 24 heures, toutes les moyennes barométriques indiquées dans le résumé mensuel du mois d'octobre sont à corriger de $-0^{mm},106$.

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1882.

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1881.	h = 729,58	+0,12 sin (μ +253,1)	+0,32 sin (2 μ +172,4)	+0,10 sin (3 μ +187,4)
Janvier 1882 . .	h = 737,78	+0,06 sin (μ +180,0)	+0,46 sin (2 μ +167,0)	+0,10 sin (3 μ +180,0)
Février	h = 734,51	+0,62 sin (μ +149,6)	+0,42 sin (2 μ +167,2)	+0,05 sin (3 μ +135,0)
Mars	h = 728,68	+0,27 sin (μ +178,9)	+0,48 sin (2 μ +156,0)	+0,06 sin (3 μ +304,9)
Avril	h = 723,63	+0,57 sin (μ +177,3)	+0,34 sin (2 μ +178,0)	+0,02 sin (3 μ +347,7)
Mai.	h = 727,07	+0,50 sin (μ +213,7)	+0,24 sin (2 μ +155,6)	+0,03 sin (3 μ + 90,0)
Juin	h = 727,42	+0,41 sin (μ +199,1)	+0,23 sin (2 μ +135,0)	+0,01 sin (3 μ +215,5)
Juillet	h = 726,78	+0,34 sin (μ +237,1)	+0,27 sin (2 μ +145,1)	+0,06 sin (3 μ +320,2)
Août	h = 727,52	+0,35 sin (μ +186,5)	+0,28 sin (2 μ +151,7)	+0,04 sin (3 μ +344,1)
Septembre. . .	h = 724,28	+0,10 sin (μ +216,2)	+0,30 sin (2 μ +163,2)	+0,02 sin (3 μ +174,8)
Octobre.	h = 725,22	+0,17 sin (μ +234,5)	+0,35 sin (2 μ +159,3)	+0,10 sin (3 μ +224,2)
Novembre . . .	h = 724,81	+0,06 sin (μ +329,3)	+0,27 sin (2 μ +168,7)	+0,05 sin (3 μ + 95,9)

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1882

Décembre 1881	h = 563,53	+0,04 sin (μ +270,0)	+0,20 sin (2 μ +158,0)	+0,02 sin (3 μ +225,0)
Janvier 1882 . .	h = 570,89	+0,06 sin (μ + 2,7)	+0,25 sin (2 μ +157,4)	+0,03 sin (3 μ +225,0)
Février	h = 567,69	+0,17 sin (μ + 89,3)	+0,19 sin (2 μ +154,8)	+0,01 sin (3 μ +163,3)
Mars	h = 564,64	+0,15 sin (μ +345,1)	+0,21 sin (2 μ +144,1)	+0,04 sin (3 μ +324,5)
Avril	h = 560,85	+0,31 sin (μ +317,2)	+0,21 sin (2 μ +125,4)	+0,04 sin (3 μ +274,6)
Mai.	h = 565,95	+0,26 sin (μ +325,5)	+0,17 sin (2 μ +127,8)	+0,03 sin (3 μ + 8,6)
Juin	h = 567,11	+0,23 sin (μ +320,6)	+0,13 sin (2 μ +111,7)	+0,04 sin (3 μ +277,1)
Juillet	h = 567,30	+0,34 sin (μ +314,1)	+0,17 sin (2 μ +112,4)	+0,05 sin (3 μ +290,7)
Août	h = 567,31	+0,18 sin (μ +358,2)	+0,13 sin (2 μ +151,7)	+0,03 sin (3 μ +334,4)
Septembre . . .	h = 563,28	+0,37 sin (μ + 5,3)	+0,20 sin (2 μ +154,2)	+0,04 sin (3 μ +277,5)
Octobre	h = 563,47	+0,09 sin (μ + 24,0)	+0,17 sin (2 μ +170,6)	+0,01 sin (3 μ +146,3)
Novembre . . .	h = 560,41	+0,12 sin (μ +302,7)	+0,10 sin (2 μ +195,0)	+0,02 sin (3 μ +202,4)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre, pour chaque mois, avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des 40 années 1836-1875, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-1867, on trouve les écarts suivants:

Époque.	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	ÉCARTS		
	mm	mm	mm
Décembre 1881	+ 1,62	+ 1,21	+0,41
Janvier 1882..	+10,41	+10,40	+0,01
Février	+ 7,67	+ 7,45	+0,22
Mars	+ 3,65	+ 4,93	—1,28
Avril	— 1,14	— 0,78	—0,36
Mai	+ 1,83	+ 2,11	—0,28
Juin	+ 0,23	0,00	+0,23
Juillet	— 0,87	— 1,18	+0,31
Août	— 0,14	— 1,09	+0,95
Septembre....	— 3,35	— 4,17	+0,82
Octobre	— 1,28	— 1,13	—0,15
Novembre....	— 1,04	— 1,62	+0,58
Année mét. 1882.	+ 1,45	+ 1,33	+0,12

Les mois de janvier et février ont été très extraordinaires sous le rapport de leur grande pression atmosphérique. Dans le résumé mensuel de janvier M. E. Plantamour s'exprimait comme suit: « Le maximum barométrique du 17 de ce mois est tout à fait exceptionnel; déjà la veille, le 16 à la même heure, 10 h. du matin, le baromètre avait atteint sensiblement la même hauteur, savoir 748^{mm},70. Les moyennes des 24 heures pour ces deux jours sont: 747^{mm},22 le 16 et 747^{mm},06 le 17. Depuis l'année 1836 on ne trouve pas de maximum barométrique aussi élevé que celui de cette année, ou même s'en approchant; les chiffres les plus élevés notés précédemment sont:

745mm,75 le 24 janvier 1849;
745mm,95 le 27 janvier 1854;
745mm,23 le 10 janvier 1859.

La valeur moyenne du maximum d'après les 40 années 1836-1875 est 741mm,03, et la date le 13 janvier. Le maximum de 1882 a donc dépassé de 7mm,68 la valeur moyenne, et de près de 3mm le maximum le plus élevé des années antérieures. » Les mêmes anomalies se retrouvent au Saint-Bernard, et cela en quantités très peu différentes. Dans les deux stations le baromètre a été de 1mm,4 environ plus élevé dans l'année que les normales. Il n'y a que les 3 mois du printemps et le mois d'octobre pour lesquels le baromètre ait été relativement plus bas à Genève qu'au Saint-Bernard. Dans un seul mois, celui de mars, cette quantité a été supérieure à 1mm. A Genève les limites de l'écart probable sont dépassées dans les mois de janvier, février, mars, mai, juillet et septembre.

Avec les données suivantes pour l'année 1882: 728mm,09 et 565mm,21 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations; +9°,32 et —0°,82 pour les températures moyennes; 0,78 et 0,82 pour les fractions moyennes de saturation, on trouve d'après les « Tables hypsométriques » de M. E. Plantamour, 2067,7 pour la différence d'altitude entre ces deux stations; le nivellement direct avec le niveau à lunette a donné 2070m,3.

Les tableaux suivants renferment les données permettant d'apprécier la variabilité du baromètre dans chaque station, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère les minima et les maxima absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE, 1882. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1881 .	11	20	4	± 5,92	-11,44 le 20	+14,79 le 27	±3,29	- 6,89 le 20	+ 6,32 le 24
Janv. 1882.	2	29	2	10,60	- 5,42 le 3	+20,09 le 16	2,34	- 9,21 le 3	+ 7,84 le 8
Février. . .	3	25	1	9,16	-10,45 le 27	+14,27 le 20	2,92	-10,24 le 26	+ 6,23 le 28
Mars. . . .	9	22	4	6,78	-12,07 le 4	+13,81 le 16	3,04	- 7,94 le 30	+13,21 le 5
Avril . . .	18	12	7	3,34	-11,41 le 15	+ 7,73 le 21	2,58	- 8,18 le 26	+ 5,99 le 19
Mai	12	19	8	3,23	- 5,18 le 24	+ 9,99 le 10	2,57	- 3,96 le 14	+ 7,64 le 9
Juin	11	19	11	1,81	- 4,42 le 9	+ 5,07 le 28	2,04	- 4,27 le 7	+ 5,46 le 5
Juillet . . .	21	10	9	3,06	- 7,45 le 8	+ 7,40 le 27	2,40	- 5,40 le 29	+ 6,45 le 26
Août	18	13	8	1,76	- 6,17 le 23	+ 5,74 le 1	1,32	- 5,82 le 23	+ 4,79 le 30
Septembre.	20	10	8	4,06	- 9,81 le 21	+ 3,67 le 9	2,66	- 7,19 le 26	+ 8,63 le 28
Octobre . .	17	14	6	4,10	-14,60 le 28	+ 5,55 le 31	2,94	-11,26 le 27	+ 8,45 le 30
Novembre .	21	9	5	4,23	-10,83 le 16	+ 8,85 le 5	3,67	- 7,78 le 16	+ 7,76 le 10
Année . . .	163	202	73	±4,82	-14,60 le 28 octobre	+20,09 le 27 décembre	±2,65	-11,26 le 27 octobre	+13,21 le 5 mars

SAINT-BERNARD, 1882. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1881 .	13	18	4	± 5,00	− 7,45 le 20	+14,35 le 28	±2,54	− 4,77 le 8	+ 6,36 le 13
Janv. 1882 .	1	30	2	10,06	− 1,99 le 4	+17,96 le 16	1,70	− 3,73 le 3	+ 3,94 le 6
Février . .	2	26	1	8,16	− 5,68 le 27	+12,97 le 14	2,36	− 7,77 le 27	+ 5,77 le 13
Mars. . . .	12	19	4	7,29	− 6,25 le 3	+15,43 le 16	2,47	− 7,03 le 22	+ 8,11 le 5
Avril. . . .	17	13	5	3,65	− 8,98 le 27	+ 8,06 le 21	2,61	− 6,25 le 26	+ 6,32 le 19
Mai	12	19	6	3,39	− 5,29 le 15	+ 9,36 le 29	2,12	− 6,08 le 14	+ 4,22 le 25
Juin	14	15	3	2,34	− 5,04 le 10	+ 5,48 le 2	1,57	− 4,15 le 7	+ 3,88 le 14
Juillet . . .	23	8	5	2,46	− 6,98 le 9	+ 5,52 le 19	1,85	− 3,85 le 29	+ 5,04 le 31
Août. . . .	22	9	5	2,26	− 6,22 le 26	+ 3,49 le 1	1,13	− 3,10 le 18	+ 2,30 le 28
Septembre.	23	7	5	4,81	−11,30 le 14	+ 3,18 le 9	2,07	− 4,58 le 26	+ 5,15 le 28
Octobre . .	17	14	6	3,61	−10,86 le 28	+ 6,05 le 9	2,25	− 7,02 le 12	+ 5,61 le 30
Novembre .	21	8	3	4,63	−10,23 le 17	+ 8,46 le 5	2,19	− 5,91 le 9	+ 5,00 le 22
Année . . .	177	186	49	±4,79	−11,30 le 14 septembre	+17,96 le 16 janvier	±2,07	− 7,77 le 27 février	+ 8,11 le 5 mars

L'écart avec la hauteur normale est nul le 20 juin et le 13 novembre.

GENÈVE, 1882.

Époque.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1881.	713,75	le 20	743,01	le 27	29,26
Janv. 1882.	719,52	le 3	748,71	le 17	29,19
Février ...	714,55	le 27	741,66	le 2	27,11
Mars.....	712,31	le 4	739,83	le 16	27,52
Avril.....	711,66	le 15	734,02	le 21	22,36
Mai......	720,21	le 24	735,95	le 10	15,74
Juin	720,41	le 9	733,20	le 28	12,79
Juillet....	718,07	le 9	735,80	le 27	17,73
Août.....	720,06	le 23	731,13	le 30	11,07
Septembre.	715,50	le 14	732,10	le 9	16,60
Octobre ..	708,11	le 27	733,92	le 3	25,81
Novembre.	713,09	le 16	735,82	le 5	22,73
Année....	708,11	le 27 oct.	748,71	le 17 jan.	40,60

SAINT-BERNARD, 1882.

Époque.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1881.	553,29	le 20	576,66	le 28	23,37
Janv. 1882.	558,38	le 4	579,62	le 17	21,24
Février ...	553,81	le 27	573,40	le 14	19,59
Mars.....	551,95	le 4	575,53	le 16	23,58
Avril.....	551,47	le 27	570,05	le 21	18,58
Mai......	558,32	le 15	575,01	le 29	16,69
Juin	560,43	le 10	571,89	le 28	11,46
Juillet....	559,43	le 9	574,55	le 19	15,12
Août.....	561,49	le 27	571,21	le 13	9,72
Septembre.	554,56	le 15	571,40	le 9	16,84
Octobre ..	550,76	le 28	571,43	le 9	20,67
Novembre.	549,44	le 17	571,90	le 5	22,46
Année....	549,44	le 17 nov.	579,62	le 17 janv.	30,18

GENÈVE, 1882. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h.	Minimum absolu	Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1881.	4,55	4,58	4,43	4,38	4,21	4,16	4,05	4,07	4,30	4,28	2,28	7,25
Janvier 1882 . .	4,22	4,33	4,34	4,31	4,31	4,20	3,95	3,97	4,08	4,16	2,71	6,64
Février	3,99	3,99	4,02	4,22	4,28	4,24	3,87	3,88	3,96	4,02	2,34	7,00
Mars	5,40	5,35	5,32	5,62	5,91	5,70	5,03	5,45	5,50	5,43	3,09	7,73
Avril	5,70	5,31	5,50	5,67	6,05	6,18	5,62	5,76	5.69	5,67	1,44	8,41
Mai.	8,35	8,30	8,01	8,22	8,62	8,62	8,14	8,17	8.27	8,27	3,81	15,39
Juin	9,27	9,45	9,47	9,52	9,79	9,85	9,57	9,65	9,49	9,52	4,62	14,83
Juillet	10,69	10,50	10,80	11,10	10,71	10,84	10,27	10,90	10,67	10,67	7,27	16,39
Août	10,07	10,29	10,21	10,26	10,62	10,14	9,95	10,45	10,37	10,15	6,40	14,70
Septembre . . .	9,82	10,24	10,12	10,02	9,75	9,66	9,23	9,62	9,83	9,62	4,93	14,55
Octobre.	8,47	8,47	8,44	8,32	8,36	8,11	7,85	8,24	8,56	8,18	4,96	13,66
Novembre . . .	5,86	5,90	5,92	5,95	5,93	5,79	5,47	5,56	5,89	5,78	2,25	8,67
Hiver.	4,26	4,31	4,27	4,31	4,27	4,20	3,96	3,98	4,12	4,16	2,28	7,25
Printemps . . .	6,49	6,33	6,29	6,51	6,87	6,84	6,27	6,47	6,49	6,47	1,44	15,39
Été	10,02	10,08	10,17	10,30	10,38	10,28	9,93	10,34	10,18	10,12	4,62	16,39
Automne	8,06	8,21	8,16	8,10	8,02	7,86	7,52	7,81	8,10	7,86	2,25	14,55
Année	7,22	7,25	7,24	7,32	7,40	7,31	6,94	7,17	7,24	7,17	1,44	16,39

GENÈVE, 1882. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1881 .	819	806	815	851	867	894	900	903	912	917	917	863	872	550	1000, 48 fois
Janvier 1882	860	849	857	885	912	914	925	935	947	950	954	908	908	370	1000, 53 »
Février. . .	678	641	650	736	796	845	870	886	894	869	843	748	788	180	1000, 22 »
Mars	591	546	539	608	738	797	841	866	885	861	813	663	729	280	980, »
Avril	544	482	518	564	663	740	809	864	880	831	713	612	685	200	1000, 4 fois
Mai	607	568	544	591	712	790	840	877	896	849	727	657	722	290	1000, 4 »
Juin	576	566	580	617	719	799	863	896	905	834	732	647	728	290	1000, 2 »
Juillet . . .	637	588	614	670	718	812	878	914	921	855	735	673	751	350	1000, 3 »
Août	575	553	564	615	723	757	805	875	904	865	738	648	717	330	1000, 1 »
Septembre .	732	734	762	820	866	889	906	921	930	931	860	802	846	460	1000, 9 »
Octobre . .	732	723	752	812	875	909	927	932	937	921	902	815	853	430	1000, 14 »
Novembre .	689	691	735	783	821	829	850	866	876	871	846	768	802	410	1000, 8 »
Hiver. . . .	789	769	778	827	861	885	888	909	918	913	907	843	858	180	1000, 123 fois
Printemps .	581	532	534	588	705	776	830	869	887	847	751	642	712	200	1000, 8 »
Été	596	569	586	634	720	790	849	895	910	852	735	656	732	290	1000, 6 »
Automne . .	718	716	750	805	854	876	895	907	915	908	870	795	834	410	1000, 31 »
Année . . .	670	646	661	713	784	831	868	895	907	880	815	734	783	180	1000, 168 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation en millièmes.

GENÈVE, 1882.

Décembre 1881	$h = 872 + 52 \sin(\mu + 223^\circ,7) + 19 \sin(2\mu + 221^\circ,9) + 5 \sin(3\mu + 275^\circ,5)$
Janvier 1882 .	$h = 908 + 46 \sin(\mu + 217,5) + 20 \sin(2\mu + 223,4) + 4 \sin(3\mu + 228,2)$
Février	$h = 788 + 124 \sin(\mu + 232,0) + 28 \sin(2\mu + 212,5) + 3 \sin(3\mu + 162,3)$
Mars	$h = 729 + 176 \sin(\mu + 227,7) + 29 \sin(2\mu + 209,8) + 11 \sin(3\mu + 16,5)$
Avril	$h = 685 + 190 \sin(\mu + 229,0) + 13 \sin(2\mu + 277,9) + 8 \sin(3\mu + 68,7)$
Mai	$h = 722 + 172 \sin(\mu + 229,9) + 3 \sin(2\mu + 93,9) + 22 \sin(3\mu + 50,6)$
Juin	$h = 728 + 175 \sin(\mu + 235,1) + 9 \sin(2\mu + 330,2) + 8 \sin(3\mu + 33,5)$
Juillet	$h = 751 + 161 \sin(\mu + 234,6) + 14 \sin(2\mu + 352,3) + 8 \sin(3\mu + 90,0)$
Août	$h = 717 + 167 \sin(\mu + 229,2) + 25 \sin(2\mu + 273,9) + 15 \sin(3\mu + 106,3)$
Septembre . .	$h = 846 + 97 \sin(\mu + 239,0) + 27 \sin(2\mu + 246,7) + 2 \sin(3\mu + 344,5)$
Octobre . . .	$h = 853 + 106 \sin(\mu + 236,8) + 30 \sin(2\mu + 221,2) + 6 \sin(3\mu + 260,2)$
Novembre . .	$h = 802 + 86 \sin(\mu + 235,5) + 33 \sin(2\mu + 245,9) + 8 \sin(3\mu + 235,3)$

Si l'on compare l'année 1882 au point de vue hygrométrique avec la moyenne des 29 années 1849-1875, les observations de ce genre ne remontant pas plus haut, on trouve les écarts suivants pour la tension moyenne de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes, et pour le nombre de cas de saturation :

	ÉCARTS		
	Tension de la vapeur. mm	Fraction de saturation.	Cas de saturation.
Décembre 1881.	+0,08	+ 7	+11
Janvier 1882...	+0,01	+ 51	+17
Février........	−0,29	− 31	+ 2
Mars..........	+0,73	− 25	− 9
Avril	−0,30	− 12	+ 1
Mai	+0,41	+ 18	0
Juin	−0,24	+ 30	0
Juillet.........	−0,19	+ 72	+ 2
Août..........	−0,51	+ 7	− 1
Septembre	+0,01	+ 76	+ 4
Octobre	+0,52	+ 22	− 4
Novembre	+0,44	− 31	− 8
Année 1882....	+0,07	+ 15	+ 15

L'année 1882 a été un peu plus humide qu'une année normale, les écarts pour les caractères de l'état hygrométrique étant tous positifs, quoique dans une faible mesure. Le nombre des cas de saturation est le plus fort pour le mois de janvier, mois dans lequel nous avons déjà noté une longue période de brouillards. Si l'on prend les saisons séparément, on voit que les écarts pour la tension de la vapeur et la fraction de saturation ne sont de même signe qu'en automne; cette saison a été plus humide que la normale, mais le nombre des cas de saturation est plus faible que d'habitude. Dans les 4 mois de novembre, décembre, janvier et février, le nombre total des cas de saturation est de 131, tandis que la moyenne des 25 années 1849-1875 n'en indique que 110. Dans un seul mois, celui de mars, il n'y a eu aucun cas de saturation. La sécheresse est bien accusée pour les mois de février et d'avril, mois dans lesquels les écarts sont néga-

tifs pour les deux caractères de l'état hygrométrique. L'humidité est bien accusée pour les mois de décembre, janvier, mai, septembre et octobre, mois pour lesquels les écarts de la tension de la vapeur et de la fraction de saturation sont tous les deux positifs.

Les observations des vents faites à Genève pendant l'année 1882 sont résumées dans les deux tableaux suivants; le premier donne pour chaque mois, et en somme pour l'année, le chiffre représentant l'intensité de chaque vent d'après le nombre de fois qu'il a été noté dans les neuf observations diurnes, en tenant compte, à chaque observation, de sa force par des facteurs allant de 0 à 3, et résultant d'une simple estimation. Dans quelques cas exceptionnels le facteur 4 a été appliqué pour des vents très violents. Le second des tableaux donne le rapport de l'intensité des vents soufflant du nord au nord-est à celle des vents soufflant du sud au sud-ouest ; on y trouve également la direction et la résultante de tous les vents observés, calculés d'après la formule de Lambert.

Vents observés à Genève, dans l'année 1882.

	Décemb. 1881.	Janvier 1882.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme . .	0	0	0	0	0	1	2	1	2	4	3	3	16
N	24	22	50	37	71	100	62	69	73	42	48	16	614
NNE. . .	13	13	48	27	23	89	25	66	42	30	22	8	406
NE	44	28	38	29	21	54	13	28	13	19	16	2	305
ENE . . .	14	17	11	2	4	9	7	8	2	6	6	0	86
E	19	37	11	3	5	8	6	1	6	12	11	8	127
ESE . . .	11	25	10	0	1	8	4	1	2	4	2	2	70
SE.	20	32	20	5	12	12	4	11	16	16	7	14	169
SSE. . . .	11	5	6	3	33	1	5	2	6	6	7	5	90
S	24	18	22	7	17	14	18	20	42	14	20	33	249
SSO. . . .	55	27	42	52	86	32	84	62	79	63	83	124	789
SO	51	38	28	35	40	16	38	39	41	47	65	78	516
OSO . . .	20	3	5	5	10	6	12	12	16	14	9	18	130
O	7	7	10	4	6	11	19	15	6	14	19	16	134
ONO . . .	1	1	1	1	2	1	5	6	2	0	2	5	27
NO	9	13	5	11	13	8	11	13	7	9	5	13	117
NNO . . .	4	3	3	3	8	12	10	3	7	5	5	6	69

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	RÉSULTANTE. Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1881.	0,62	S 4°,6 E	23,0	0,0
Janvier 1882 . . .	0,76	S 62,3 E	27,1	0,0
Février.	1,48	N 54,1 E	17,6	0,0
Mars	0,99	N 74,9 O	8,4	0,0
Avril	0,80	S 40,8 O	20,5	0,0
Mai.	3,92	N 19,7 E	63,1	0,4
Juin	0,71	S 72,9 O	25,5	0,7
Juillet.	1,35	N 32,5 O	20,2	0,4
Août	0,79	S 50,5 O	19,0	0,7
Septembre	0,73	S 45,0 O	17,2	1,5
Octobre	0,51	S 44,6 O	34,0	1,1
Novembre.	0,11	S 34,3 O	82,3	1,1
Année.	0,85	S 48,7 O	10,49	0,5

Les chiffres inscrits dans la dernière colonne du premier de ces tableaux se rapportent à l'année entière, soit au nombre de 3285 observations. Pour comparer le mouvement de l'air pendant cette année avec les résultats déduits des 29 années 1847-1875, il sera plus commode de les réduire au chiffre proportionnel sur 1000 observations, la différence faisant connaître l'augmentation ou la diminution de l'intensité relative de chaque vent.

Intensité relative des différents vents sur 1000 observations.

	Année 1882	Moyenne des 29 années 1847-75	Différence
Calme	5	57	— 52
Nord..............	187	265	— 78
Nord-Nord-Est....	124	200	— 76
Nord-Est.........	93	48	+ 45
Est-Nord-Est.....	26	7	+ 19
Est...............	39	22	+ 17
Est-Sud-Est	21	7	+ 14
Sud-Est..........	51	20	+ 31
Sud-Sud-Est......	27	23	+ 4
Sud	76	110	— 34
Sud-Sud-Ouest....	240	196	+ 44
Sud-Ouest	157	125	+ 32
Ouest-Sud-Ouest ..	40	27	+ 13
Ouest............	41	32	+ 9
Ouest-Nord-Ouest..	8	5	+ 3
Nord-Ouest.......	36	17	+ 19
Nord-Nord-Ouest..	21	33	— 12

Le courant polaire étant représenté essentiellement à Genève, d'après la direction de la vallée, par les vents du nord, du nord-nord-est et du nord-est, et le courant équatorial par ceux du sud, du sud-sud-ouest et du sud-ouest, on voit que le courant polaire a soufflé pendant l'année

1882 avec une intensité beaucoup plus faible que la moyenne, puisque l'intensité de ce courant est représentée en 1882 par le chiffre proportionnel de 404, tandis que le chiffre moyen est de 513. Le courant équatorial a, au contraire, augmenté, mais dans une proportion plus faible; il est représenté en 1882 par le chiffre 473, tandis que la moyenne indique 431. Le nombre des cas de calme est de beaucoup au-dessous de la normale.

Le tableau suivant donne le relevé du nombre de jours de forte bise et de fort vent du midi; en moyenne il y a dans l'année 42 jours de forte bise et 44 de fort vent du midi. On trouve dans le tableau une réduction très prononcée du fort courant polaire, tandis que le nombre de jours de fort vent du midi est sensiblement égal à la normale.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1881 ...	3	3
Janvier 1882......	1	1
Février...........	3	2
Mars	3	4
Avril	2	4
Mai..............	7	0
Juin.............	0	5
Juillet	3	3
Août.............	2	7
Septembre........	1	2
Octobre..........	1	4
Novembre........	0	6
Hiver............	7	6
Printemps........	12	8
Été..............	5	15
Automne.........	2	12
Année	26	41

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1882 sont :

ÉPOQUE.	VENTS. NE.	SO.	Rapport.	RÉSULTANTE. Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1881.	201	177	1,14	N 45° E	8,6	0,0
Janv. 1882.	170	152	1,12	N 45 E	6,5	0,0
Février...	173	148	1,17	N 45 E	9,9	0,0
Mars.....	237	164	1,45	N 45 E	26,2	0,0
Avril.....	200	240	0,83	S 45 O	14,8	0,0
Mai......	189	204	0,93	S 45 O	5,4	0,0
Juin......	250	139	1,80	N 45 E	41,1	0,0
Juillet....	260	151	1,72	N 45 E	39,1	0,0
Août.....	242	97	2,49	N 45 E	52,0	0,0
Septembre.	174	167	1,04	N 45 E	2,6	0,0
Octobre ..	187	230	0,81	S 45 O	15,4	0,0
Novembre.	311	123	2,53	N 45 E	69,1	0,0
Année....	2594	1992	1,30	N 45 E	18,3	0,0

Pluie ou neige, dans l'année 1882.

ÉPOQUE.	GENÈVE. Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	SAINT-BERNARD. Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Hauteur de la neige. m
Décemb. 1881.	9	43,7	67	12	119,3	1,56
Janvier 1882..	4	11,5	14	3	40,4	0,46
Février......	3	16,7	16	3	37,9	0,40
Mars........	7	37,6	31	6	57,5	0,63
Avril........	14	106,3	86	13	157,2	1,71
Mai.........	11	88,2	58	16	233,7	1,15
Juin.........	15	103,6	79	10	109,3	0,59
Juillet.......	14	81,5	62	11	150,9	0,19
Août........	11	88,8	47	10	142,4	0,03
Septembre....	22	159,3	143	24	419,8	3,23
Octobre......	16	113,5	77	15	167,2	2,08
Novembre....	20	130,0	125	17	188,6	3,22
Hiver........	16	71,9	97	18	197,6	2,42
Printemps....	32	232,1	175	35	448,4	3,49
Été..........	40	273,9	188	31	402,6	0,81
Automne.....	58	402,8	345	56	775,6	8,53
Année.......	146	980,7	805	140	1824,2	15,25

Si l'on compare l'année 1882 avec la moyenne des 50 années 1826-1875 pour Genève, et avec celle des 27 années 1841-1867 pour le Saint-Bernard, on obtient les différences suivantes pour le nombre de jours de pluie et pour la quantité d'eau tombée:

	ÉCARTS A GENÈVE		ÉCARTS AU ST.-BERNARD	
	Jours de pluie.	Eau tombée.	Jours de pluie.	Eau tombée.
		mm		mm
Décembre 1881.	0	— 7,3	+ 4	+ 46,2
Janvier 1882...	— 6	— 37,3	— 8	— 88,7
Février	— 5	— 19,8	— 6	— 55,7
Mars	— 3	— 9,7	— 6	— 39,4
Avril	+ 4	+ 49,5	+ 2	+ 37,1
Mai	— 1	+ 9,1	+ 5	+113,6
Juin	+ 4	+ 27,6	0	+ 7,9
Juillet	+ 5	+ 10,7	+ 2	+ 75,8
Août	+ 1	+ 8,4	+ 1	+ 56,6
Septembre.....	+12	+ 65,1	+15	+303,8
Octobre.......	+ 4	+ 12,5	+ 5	+ 24,9
Novembre.....	+ 9	+ 56,0	+ 7	+ 90,1
Hiver 1882	—11	— 64,4	—10	— 98,2
Printemps	0	+ 48,9	+ 1	+111,3
Été...........	+10	+ 46,7	+ 3	+140,3
Automne	+25	+133,6	+27	+418,8
Année 1882 ...	+24	+164,8	+21	+572,2

Dans les deux stations il y a un excédant considérable, soit dans la quantité d'eau tombée soit dans le nombre de jours de pluie. A Genève tous les mois de l'hiver ont été plus secs que la normale; dans tous les autres mois, excepté celui d'avril pour lequel la quantité d'eau tombée a été un peu plus faible que la moyenne, les écarts ont été positifs. Les mois les plus remarquables sous ce rapport sont ceux d'avril, septembre et novembre ; dans celui de septembre on ne compte pas moins de 22 jours de

pluie; l'excédant est surtout dû à cette longue série et non à des quantités d'eau extraordinaires tombées en un jour. La quantité d'eau tombée en un jour n'a jamais dépassé 20^{mm}. La neige est tombée en très faible quantité à Genève, 13^{cm} seulement; on compte 7 jours de neige, mais dans 3 seulement la neige a pu être mesurée. De ces 7 jours on en trouve 3 au mois de décembre, 2 en mars et 2 en novembre. Au Saint-Bernard la quantité d'eau tombée atteint $1824^{mm},2$ soit $572^{mm},2$ de plus que la normale. A l'exception des mois de janvier, février et mars tous les écarts sont positifs, et atteignent parfois une quantité considérable. Dans le seul mois de septembre en 24 jours de pluie, l'eau tombée est de $419^{mm},8$ soit $303^{mm},8$ de plus que la moyenne. Le 13 septembre il est tombé $65^{mm},6$, le 15 $52^{mm},4$; il y a 5 jours pour lesquels la quantité d'eau tombée est supérieure à 30^{mm}.

Le nombre d'heures de pluie étant noté à Genève, on peut en tirer les conclusions suivantes: d'abord la durée relative de la pluie ou la fraction représentant le rapport du nombre d'heures de pluie dans le mois au nombre total d'heures renfermées dans le mois ; ce caractère a de l'importance parce qu'il fait connaître la durée de la saturation dans les couches de l'atmosphère dans lesquelles la condensation a lieu; puis le nombre moyen d'heures pendant lesquelles la pluie est tombée un jour pluvieux, enfin l'intensité avec laquelle la pluie est tombée, soit le rapport de la quantité d'eau tombée au nombre d'heures pendant lequel la précipitation a eu lieu.

On a également noté pour chaque mois, à Genève, les plus longues périodes de sécheresse ou de jours consécutifs sans pluie, et les plus longues périodes pluvieuses, ou jours consécutifs de pluie; les deux extrêmes sont 21 jours pour

la plus longue période de sécheresse du 10 au 30 janvier, et 12 jours pour la plus longue période pluvieuse du 23 avril au 4 mai. Ce tableau indique également le nombre de cas où la pluie recueillie dans les 24 heures était très faible, au-dessous d'un millimètre, ou presque insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. Ces jours étant comptés comme jours de pluie en augmentent considérablement le nombre, tandis qu'ils contribuent fort peu à élever la quantité d'eau tombée. Ce tableau renferme enfin pour chaque mois la quantité maximum d'eau recueillie dans les 24 heures; dans l'année 1882 le maximum est de 42^{mm},8 le 4 novembre. On y trouve en outre le nombre de cas dans lesquels la pluie a été très abondante, dépassant trois centimètres dans les 24 heures. Ce cas ne s'est présenté que 3 fois dans l'année.

Époque.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
Décembre 1881	0,090	7,44	0^{mm},65
Janvier 1882.......	0,019	3,50	0,82
Février	0,024	5,33	1,04
Mars	0,042	4,43	1,21
Avril.............	0,119	6,14	1,24
Mai	0,078	5,27	1,52
Juin..............	0,110	5,27	1,31
Juillet............	0,083	4,43	1,31
Août	0,063	4,27	1,89
Septembre	0,199	6,50	1,11
Octobre...........	0,103	4,81	1,47
Novembre.........	0,174	6,25	1,04
Hiver.............	0,045	6,06	0,74
Printemps.........	0,079	5,47	1,33
Été	0,085	4,70	1,46
Automne..........	0,158	5,95	1,17
Année............	0,092	5,51	1,22

Époque.	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm,0.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3cm
					mm	
Décembre 1881	11 jours (24 déc.-3 janv.)	3 jours (10-12)	2	0	12,5	–
Janvier 1882..	21 » (10-30)	1 » (les 4, 7, 9 et 31)	3	2	10,4	–
Février......	14 » (1-14)	2 » (26-27)	0	0	10,8	–
Mars.........	15 » (7-21)	3 » (25-27)	3	2	26,2	–
Avril.........	16 » (28 mars-12 avril)	12 » (23 avril- 4 mai)	3	1	29,0	–
Mai..........	13 » (9-21)	3 » (22-24)	2	1	15,2	–
Juin..........	7 » (28 mai-3 juin)	5 » (7-11)	3	0	19,0	–
Juillet........	4 » (1- 3)	6 » (7-12)	2	2	15,2	–
Août.........	14 » (31 juil.-13 août)	6 » (25-30)	1	0	42,4	1
Septembre....	3 » (6- 8)	7 » (9-15;17-23)	2	0	19,2	–
Octobre......	4 » (4- 7)	4 » (22-25)	4	4	32,3	1
Novembre....	6 » (2- 7)	7 » (24-30)	3	0	42,8	1
Année.......	21 jours (10-30 janvier).	12 jours (23 avril-4 mai).	28	12	42,8 le 14 nov.	3

Le tableau ci-dessous renferme le relevé des jours d'orage à Genève, soit des jours pour lesquels le tonnerre a été entendu dans cette station, soit de ceux où les éclairs seuls ont été vus, et où l'orage n'a pas éclaté dans la région. On voit que l'année 1882 a été peu orageuse; pour 6 mois le nombre des jours de tonnerre est nul. La moyenne des jours orageux s'élève à 25, tandis que l'année 1882 n'en fournit que 21.

ÉPOQUE.	GENÈVE Jours de tonnerre	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1881	0	0
Janvier 1882........	0	0
Février	0	0
Mars	0	1
Avril	0	2
Mai	6	0
Juin...............	3	4
Juillet	6	3
Août	2	0
Septembre..........	1	0
Octobre............	3	0
Novembre..........	0	0
Année	21	10

Il reste enfin à résumer les résultats des observations de la nébulosité faites dans les deux stations, et qui sont données dans le tableau suivant. Ce tableau fait connaître non seulement la nébulosité moyenne, mais aussi le nombre de jours « clairs, peu nuageux, très nuageux et couverts »; suivant la classification adoptée, ces quatre catégories se rapportent aux cas dans lesquels la nébulosité d'un jour, d'après la moyenne des neuf observations diurnes, est au-dessous de la fraction 0,25, comprise entre 0,25 et 0,50; entre 0,50 et 0,75 ou enfin supérieure à 0,75. La comparaison avec la moyenne des 29 années 1847-1875 montre que l'année 1882 a été pour Genève une année normale sous le rapport de la nébulosité; elle ne diffère que de 0,01 avec la moyenne.

Si l'on considère les saisons, on voit que l'hiver est normal, le printemps clair, l'été et l'automne plus nuageux que la moyenne. Deux mois ont été très différents des normales; ce sont les mois de mars et de septembre. La moyenne du mois de mars est 0,61, soit de 0,22 plus considérable que celle du même mois en 1882; la valeur normale du mois de septembre est 0,49 soit de 0,28 inférieure à la valeur du même mois en 1882.

Au Saint-Bernard l'année 1882 peut de même être considérée comme normale sous le rapport de la nébulosité. L'hiver et le printemps sont clairs, l'été normal et l'automne plus nuageux que la moyenne des 22 années 1846-1867. Les mois de janvier, février et mars sont relativement très clairs, celui de septembre très nuageux.

État du ciel.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
ÉPOQUE.	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.
Déc. 1881 .	3	4	4	20	0,75	13	3	6	9	0,45
Janv. 1882.	2	2	2	25	0,85	21	5	2	3	0,21
Février ...	5	2	7	14	0,66	19	3	2	4	0,26
Mars	13	5	6	7	0,39	15	8	0	8	0,35
Avril	8	6	5	11	0,53	6	9	6	9	0,55
Mai........	10	5	9	7	0,48	4	7	5	15	0,66
Juin	7	5	7	11	0,58	3	7	10	10	0,61
Juillet	8	6	4	13	0,55	6	5	7	13	0,60
Août.......	10	5	9	7	0,50	1	13	9	8	0,58
Septembre.	1	4	5	20	0,77	0	4	4	22	0,83
Octobre ...	0	5	9	17	0,75	4	3	5	19	0,72
Novembre .	5	2	4	19	0,73	7	2	6	15	0,65
Hiver.....	10	8	13	59	0,76	53	11	10	16	0,31
Printemps .	31	16	20	25	0,47	25	24	11	32	0,52
Été........	25	16	20	31	0,54	10	25	26	31	0,60
Automne ..	6	11	18	56	0,75	11	9	15	56	0,73
Année	72	51	71	171	0,63	99	69	62	135	0,54

GENÈVE 1881

ÉPOQUE.	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1881 ...	3	7	10
Janvier 1882......	19	2	21
Février	5	5	10
Mars............	0	0	0
Avril	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin.............	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août.............	0	0	0
Septembre	0	3	3
Octobre..........	0	8	8
Novembre........	0	2	2
Année	27	27	54

SUR L'ANCIEN LAC DE SOLEURE

PAR

M. Alph. FAVRE

Pl. XVII.

On trouve dans la ville de Soleure et aux environs plusieurs terrasses formées par des alluvions post-glaciaires et par le terrain erratique [1].

La terrasse la plus basse est à un niveau qui varie de 431 à 434 m. au-dessus de la mer, c'est-à-dire de 4 à 7 m. au-dessus du niveau moyen de l'Aar [2], lequel est à 427,5 m. Cette terrasse porte la chapelle Dreibeinskreuz (rive droite de la rivière), comprend le plateau de Muttenhöfe (rive gauche) qui s'étend jusqu'à Klosterplatz et la plaine de Zuchwylerfeld. Elle est composée de haut en bas de limon jaune, de limon bleuâtre et de gravier à la base. Une partie de ce terrain appartient à l'alluvion moderne.

[1] Ces observations sont en partie tirées du mémoire de M. le Recteur Lang (*Geologische Skizze der Umgebung von Solothurn, 1863*), et du discours qu'il a prononcé à la Société helvétique des sciences naturelles (*Actes* de cette Société 1869). Elles proviennent aussi de courses que j'ai eu le plaisir de faire avec ce savant, qui m'a fourni des renseignements et donné des directions avec une parfaite obligeance.

[2] Exactement 427,43 mètres.

Une seconde terrasse s'élève d'environ 25 à 28 m. au-dessus de l'Aar, elle porte le Spitalhof, Schöngrün, Fegetz, Feldbrunnen et Neubæuslein. Comme on pouvait le voir il y a quelques années dans une carrière ouverte près des remparts de la ville, elle était formée de terre végétale à la surface, reposant sur une couche horizontale de gravier et de gros cailloux roulés. Cette couche avait 2 m. environ d'épaisseur, y compris la terre végétale, elle était supportée par des lits de sable et de gravier, bien stratifiés et fortement inclinés dans le sens du cours de l'Aar. La structure de ces deux systèmes de couches ressemblait tout à fait à celle que M. Colladon[1] a observée dans le quartier des Tranchées à Genève. La ligne de jonction de la couche horizontale avec les extrémités supérieures des couches inférieures, indique le niveau supérieur d'un ancien bassin ou lac dans lequel se jetait la rivière qui charriait tous ces matériaux.

D'autres terrasses sont plus élevées. On en aperçoit des lambeaux à 100 ou 160 m. au-dessus de l'Aar, jusque sur la pente boisée du Buchrain (485 m.), ainsi qu'au Stadtwald, à Lommiswyl, Oberdorf, Ruttenen et Günsberg. On a observé encore quelques autres terrasses dans une position intermédiaire entre les précédentes et celles-ci. Mais toutes les terrasses supérieures à celle indiquée en second lieu, sont composées de terrain glaciaire et de blocs erratiques et n'ont aucun rapport avec celles qui sont formées d'alluvion post-glaciaire. Elles ont été produites par une ou plusieurs moraines déposées par l'ancien glacier du Rhône, puis détruites en partie par les eaux qui descendent du Jura.

[1] *Archives des Sc. phys. et naturelles*, 1870, t. XXXIX, p. 37.

Le niveau supérieur de l'ancien bassin de Soleure n'est pas exactement à 25 ou 28 m. au-dessus de l'Aar, il faut en déduire comme on a pu le voir dans la carrière de gravier de Soleure, 2 m. pour l'épaisseur de la terre végétale et de la couche supérieure de gravier. C'est donc 23 ou 26 m. qu'il faut ajouter aux 427,5 m. indiquant la hauteur moyenne de l'Aar à Soleure[1], ce qui donne une élévation moyenne de 453,5 m. pour l'ancien niveau des eaux.

En suivant la route de Soleure à Nieder-Bipp on trouve les quatre moraines suivantes qui toutes sont des dépôts de l'ancien glacier du Rhône.

1° A un demi-kilomètre environ de Feldbrunnen (au N. E. de Soleure), on voit une moraine connue sous le nom de Galgenrain. Elle commence près du château de Waldegg, et au Spiessacker elle atteint une élévation de 492 m.; en se rapprochant de l'Aar elle n'est plus qu'à 484 m. au Brestenberg et à 460 m. au Vögelisholz. Elle semble s'arrêter sur la rive gauche de l'Aar; mais de grands blocs de roches cristallines, entre autres de granit, trouvés dans l'Aar près de son confluent avec l'Emme, ainsi que des blocs plus ou moins alignés, qu'on voyait naguère sur la rive droite de cette dernière rivière, indiquent que la moraine traversait la place où l'Aar coule maintenant, s'étendait sur la rive droite de l'Emme, d'où elle rejoignait au Dittiberg (462 m.) et au Bleichenberg (500 m.) la moraine qui passe à peu près sur la crête du Bucheggberg, en suivant une ligne qui arrive un peu au nord du Lütterkofen.

[1] D'après M. Lang la hauteur moyenne des eaux de l'Aar est de 431 mètres à Büren, 425 mètres à Attisholz et 419 mètres à Wangen.

2° Une seconde moraine prolongement du Galgenrain traverse la route entre Soleure et Attiswyl à un kilomètre de la moraine précédente. Elle s'abaisse en se rapprochant de l'Aar entre Attisholz et Flumenthal. Là elle atteint la hauteur de 460 à 470 m. On la retrouve sur la rive droite de la rivière à Schachen, à Burg, et elle rejoint la colline de Deitingen. Cette colline, dont je ne connais pas l'élévation, est formée de molasse recouverte de terrain glaciaire et parsemée de blocs erratiques. Les traces de cette moraine sont très vagues.

3° Une troisième moraine commence à la hauteur d'environ 516 m. près de Dättenbühl, au N.-O. de Wiedlisbach. Elle s'étend au S.-E. en s'abaissant à 462 m., et à 452 m. un peu plus loin, à l'extrémité de la forêt de Kleinhölzli [1]. Elle a été coupée par l'Aar dont le niveau moyen actuel est à 419 m. Le côté méridional de cette moraine s'étend de Moos à l'extrémité N.-O. du Kleinhölzli. L'Aar a creusé dans cet espace plusieurs amphithéâtres; elle y a déposé des alluvions à la hauteur de 452 m. On retrouve le prolongement de cette moraine sur la rive droite de l'Aar un peu en amont de Breite; elle s'est étendue sur le Gemsberg dont le plateau molassique supérieur (494 à 507 m.) est recouvert de terrain glaciaire, parsemé de blocs erratiques.

4° Une quatrième moraine commence à Ober-Bipp à 493 m., passe à Eichholz vers 477 m., à Reckholderhubel à 492 m., traverse la forêt de Langwald, arrive à l'extrémité de cette forêt sur la rive gauche de l'Aar où elle est encore à 493 m. La rivière est près de là, à 417 m.

[1] Il est probable que l'érosion de l'Aar qui a fini par couper complètement les moraines, a plus ou moins abaissé les parties de celles-ci qui étaient voisines de l'endroit où la coupure s'est faite.

On retrouve la moraine en aval de Walliswyl (rive droite de l'Aar); on peut la suivre à la hauteur de 478 m. dans les bois situés au sud de ce village et aux environs de Röthenbach. Dans le voisinage d'Inkwyl le relief en est faible, elle s'étend au sud, se joint à la troisième moraine et forme une pointe à l'est, du côté de Wanzwyl et de Nieder-Oenz, puis elle passe à Aeschi [1] à 510 m. et s'étend au sud du côté de Heinrichswyl.

De Nieder-Oenz le terrain glaciaire non seulement se joint, comme je l'ai déjà dit, à la moraine d'Aeschi, mais forme au nord du lac de ce nom, au hameau de Burgäschi, une moraine de 10 m. de hauteur. Celle-ci passe à l'est de ce petit bassin en formant sur ses bords deux monticules dont l'un paraît composé de terrain glaciaire. Enfin ce terrain se joint au terrain glaciaire de Seeberg et à celui de la célèbre colline du Steinhof, élevée de 578 m., qui est parsemée de nombreux blocs valaisans. Il y en a de très volumineux, comme on le sait, l'un d'eux atteint 60,000 p. cubes.

On voit nettement d'après les données ci-dessus que sur quatre moraines indiquées, trois ont pu soutenir les eaux de l'Aar à 454 m., aux environs de Soleure et en amont.

Une première (notre n° 1) élevée de 484 m. sur la rive gauche de l'Aar et de 500 m. sur la rive droite.

Une seconde (notre n° 3), atteint 516 m. sur la rive gauche et 507 m. sur la rive droite.

Une troisième (notre n° 4) est élevée de 493 m. sur la rive gauche et de 478 m. sur la rive droite.

Il est infiniment probable que dans l'espace qui existe

[1] La moraine d'Aeschi est d'environ 30 mètres au-dessus du lac de ce nom.

sur chaque moraine entre les deux points dont j'ai indiqué l'élévation, la crête de la moraine était, à peu de chose près, aussi élevée que ces points.

Il est très possible que la moraine de Wiedlisbach (nº 3) fut jointe à celle d'Ober-Bipp (nº 4) et que ces deux moraines n'en formassent qu'une seule s'étendant à l'est de Wangen, de Breite à Güsel. L'épaisseur en était alors de 2,300 m. environ, et présentait une grande force de résistance à la pression des eaux du lac[1].

On peut donc admettre qu'à l'époque post-glaciaire, il existait aux environs de Soleure un lac dont la surface était à peu près à 453,5 ou 454 m. au-dessus du niveau de la mer.

Mais quelle a été l'étendue de ce lac? En suivant la base du Jura vers le S.-O. ce n'est qu'à Entreroches (revers septentrional du Mauremont, au S.-O. d'Yverdon) que se trouve la hauteur de 448 m. au-dessus de la mer. C'est donc jusque-là, à 100 kil. de Soleure, que ce lac devait s'étendre, il dépassait même ce niveau de 5 m. environ et peut-être ses eaux se sont-elles déversées pendant un temps plus ou moins long dans la vallée de la Venoge qui se jette dans le lac de Genève[2].

Ces eaux ont relevé le niveau des lacs de Bienne,

[1] On peut croire que les parties des moraines qui n'ont pas été soumises à l'érosion de l'Aar ont diminué de hauteur par suite de l'action des agents atmosphériques.

[2] Pour connaître exactement les contours de ce lac, il faut attendre la publication de quelques-unes des feuilles de la carte fédérale au $^1/_{25000}$. On ne peut admettre que ce lac se soit déversé par la petite vallée qui s'étend de Berthoud à Herzogenbuchsee, car les stations du chemin de fer qui s'y trouvent sont aux hauteurs suivantes: Berthoud 535 m., Wynigen 530 m., Riedwyl 499 m., Herzogenbuchsee 467 m.

Neuchâtel et Morat. Elles ont envahi la vallée de la Broye jusqu'à Payerne (451 m.) et elles avaient changé en îles, diverses collines telle que celle du Buttenberg au N.-E. de Bienne, sur laquelle se trouve le village de Meinisberg, celle qui s'étend sur la rive orientale du lac de Bienne, du Jensberg près Nidau jusqu'à Ins au sud de ce lac; la colline de Jolimont qui est aussi au sud de ce même lac; d'autres collines, moins importantes, telles que celle de Walperswyl, de Sistelen, etc., qui sont à l'est du lac de Bienne. Le mont Vully situé entre le lac de Morat et celui de Neuchâtel formait l'extrémité nord d'une longue presqu'île qui commençait aux environs de Payerne. A l'ouest d'Yverdon le coteau de Chamblon était aussi changé en île.

Dans la vallée de l'Emme ce lac ne s'étendait que jusqu'à Kriegstetten (451 m.). De là en se dirigeant à l'est on ne trouve pas un seul passage par où les eaux du lac de Soleure aient pu s'écouler.

On ne peut pas indiquer quelle était la position exacte des issues que les eaux de ce lac pouvaient avoir. Les dégorgeoirs étaient évidemment aux endroits les moins élevés des moraines, et ces dernières ont été détruites par le cours de l'Aar et sont peu à peu arrivées à leur état actuel.

La présence du lac de Soleure confirme ce que plusieurs travaux ont déjà démontré, savoir : que dans les premiers temps de l'époque post-glaciaire, l'eau couvrait une beaucoup plus grande partie de la Suisse que de nos jours.

NOTICE DESCRIPTIVE

SUR

L'OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE DU SENTIS

(Canton d'Appenzell, 2467 mètres d'altitude)

PAR

M. le Dr Julius MAURER,
Adjoint à l'Observatoire central météorologique suisse, à Zurich.

On sait que le deuxième Congrès international des météorologistes réunis à Rome en 1879, reconnaissant l'utilité et l'importance des observatoires au sommet des montagnes pour l'étude physique des couches élevées de notre atmosphère, recommandait à la Société Helvétique des sciences naturelles de faire son possible pour qu'un observatoire fût établi sur une des hautes sommités de la Suisse. — On sait aussi que de nombreux établissements de ce genre existent actuellement dans les diverses parties du monde : En *Amérique* sur le Mont Washington (New-Hampshire, 1938m d'altitude) et surtout au Pikes-peak (Colorado, 4340m au-dessus du niveau de la mer); en *France*, la fameuse station de M. le général de Nansouty, au sommet du Pic-du-Midi, à l'altitude de 2859 mètres; une autre au Puy-de-Dôme à la hauteur de 1467 mètres. Le

service du génie à Briançon a établi des stations dans la plupart des forts qui dépendent de cette place, dont le plus élevé est l'Infernet. Deux autres stations de montagne ont été créées en 1880 [1] : l'une au fort qui couronne le Ballon de Servance (Vosges) (1216 mètres), l'autre dans les environs d'Annecy, sur la cime du Semnoz (1650^{m}). — En *Suisse* on peut citer les postes d'observation sur le Righi (1790^{m}) et sur le Gäbris (1253^{m}); les stations alpestres du Grand Saint-Bernard [2] (2478^{m}), du Saint-Gothard, du Julier, du Simplon, etc.

Mais la plupart de ces stations sont établies sur des cols de montagne (et abritées au moins d'un côté contre les vents), présentant des conditions tout à fait anormales. En effet les données sur la température, les observations de la pression, des vents, de la pluie, etc., y sont influencées par les circonstances locales; par exemple par la radiation des masses rocheuses qui surplombent, par le voisinage des obstacles qui arrêtent les nuages et doivent altérer la hauteur d'eau tombée, par la déviation des courants qui s'engouffrent dans les défilés, etc.

A tous ces points de vue, il est donc très désirable de placer les stations météorologiques de montagne sur des sommets isolés. — En Suisse, un point surtout avait paru depuis longtemps propre à l'établissement d'un observatoire météorologique de ce genre, c'est le pic du *Sentis* (canton d'Appenzell).

Grâce à l'activité de l'ancienne Commission météorologique de la Société Helvétique des sciences naturelles qui,

[1] Voir la *Nature*, 1er trimestre, 10me année, page 331 : L'observatoire météor. du Semnoz-Alpes par Th. Moureaux.

[2] Où les religieux de l'hospice font depuis nombre d'années des observ. météor. sous la Direction de l'Observatoire de *Genève*.

encouragée par le Congrès international à Rome, a fait appel à tous les amis de la science et grâce à l'initiative de M. Billwiller, directeur du bureau central météorologique fédéral à Zurich, le projet d'ériger un poste d'observation au pic du Sentis a été réalisé. A l'aide de souscriptions et de dons recueillis on a pu procéder à l'organisation d'un petit observatoire météorologique. Au mois d'août 1882 le Bureau central a fait installer dans la station projetée[1] des instruments précis, comparés à ses étalons, et le premier septembre 1882 elle fut inaugurée.

Les instruments dont est munie cette station sont : Un baromètre à large cuvette de Hermann et Pfister à Berne; un barographe de Hottinger à Zurich qui fonctionne très bien dans cette station ; un thermomètre à minima et à maxima de Six, un psychromètre, deux pluviomètres, un hygromètre du Dr Koppe ; deux thermomètres automatiques à mercure de Negretti et Zambra à Londres marquant la température de minnuit et de 4 h. du matin. Enfin un excellent anémomètre construit par Munro de Londres, installé l'été dernier, donne la direction et la vitesse du vent. Ce dernier appareil est placé exactement au sommet du Sentis (2504 mètres d'altitude), tandis que le baromètre de la station est situé 37 mètres plus bas dans la direction du N. dans l'hôtel renfermant le bureau du télégraphe et le logement de l'observateur, selon un nivellement que j'ai fait au commencement de juillet en compagnie de mon ami M. Guillaume Reitz, de Mayence, ingénieur et ancien élève de l'école polytechnique

[1] Placée dans le bâtiment du petit hôtel de M. Dörig, propriétaire, qui fait pendant l'hiver les observations avec notre observateur, M. John Beyer, ancien instituteur.

fédérale, et de notre observateur.—L'appareil enregistreur de l'anémographe est enfermé dans un édifice hexagonal de fer et de bois, dont la surface extérieure a été revêtue d'un lambrissage avec bardeaux; il se termine à une hauteur de $4^m,5$ au-dessus du sol par une plate-forme à galerie de fer. Au moyen d'une échelle mobile, l'observateur peut examiner les diverses parties extérieures de l'anémomètre aussi souvent qu'il est nécessaire. Six flèches de paratonnerre Franklin surmontent l'ensemble, et le câble va se noyer dans une caverne de rocher constamment humide, dix mètres plus bas.

La station météorologique du Sentis est en communication avec le bureau central de Zurich et avec les lignes suisses par un fil télégraphique, et par une ligne téléphonique avec Schwendi, village au pied du Sentis (distance à vol d'oiseau de 14 kilomètres).

Indépendamment des indications fournies par les appareils enregistreurs, l'observateur fait chaque jour cinq lectures directes des divers instruments météorologiques, à 7 h., 10 h. a. m.; et à 1 h., 4 h., 9 h. p. m.

Les observations de 7 h. a. m., 1 h. et 9 h. p. m. sont envoyées deux fois par jour (à 7 h. du matin et à 1 h. de l'après-midi) à la station centrale de Zurich, qui joint ces observations à celles de quelques stations suisses et aux siennes propres et les envoie également par télégraphe à Hambourg (Seewarte), Rome et Vienne, où elles sont publiées dans les divers bulletins météorologiques.

La ligne télégraphique qui relie notre station avec la plaine, reste aérienne jusqu'à son entrée dans le bureau du télégraphe à la cime du Sentis. Souvent pendant l'hiver 1882-1883 ces fils se recouvraient de givre et prenaient

alors une épaisseur s'élevant jusqu'à 30 centimètres[1]. Sous ce poids de glace ils fléchissaient et quand un vent un peu fort venait à les agiter, ils se brisaient.

Des interruptions fréquentes qui en résultèrent, nous obligèrent d'ôter le fil des poteaux de fer et de le poser simplement dans la neige. Ce procédé a fort bien réussi, la neige étant un mauvais conducteur de l'électricité.

Dans les tableaux suivants nous donnons les principaux résultats obtenus pendant les treize premiers mois d'observations au Sentis (Septembre 1882 à Septembre 1883):

[1] M. le professeur Alluard a fait une observation analogue au sommet du Puy-de-Dôme.

Station de Sentis.

Longitude de Greenwich $\lambda = 9° \ 20'$; latitude $\beta = 47° \ 15'$; $H = 2467^m$.

	PRESSION DE L'AIR					TEMPÉRATURE **								HUMIDITÉ RELATIVE				NÉBULOSITÉ	HAUTEUR DE PLUIE OU NEIGE
	Moyennes	Minimum	Jour	Maximum	Jour	7 h	1 h.	9 h.	Moyenne vraie	Minimum	Jour	Maximum	Jour	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Moyennes	Total
	mm	mm		mm		°	°	°	°	°		°							mm
1882 Septembre	563,9	556,0	15	572,3	9	1,2	4,3	1,5	+ 2,0	− 5,3	28	13,1	3	94,0	92,3	91,9	92,7	8,3	110,8
Octobre ..	564,1	551,6	27	572,1	9	− 1,1	1,4	− 1,3	− 0,5	− 6,8	30	7,9	9	92,3	85,4	89,1	88,9	7,9	156,2
Novembre	559,6	549,5	17	570,5	5	− 6,7	−5,3	− 6,8	− 6,5	−16,2	18	1,8	1	92,1	89,0	93,0	91,4	8,0	158,6
Décembre.	558,3	546,0	7	569,9	20	− 7,9	−6,2	− 7,4	− 7,4	−17,4	3	0,5	17	93,7	92,4	92,0	92,7	6,3	63,5
1883 Janvier ..	561,6*	—	—	570,7	20	− 9,6*	−6,7*	− 9,4*	− 8,8	−20,8	24	—	—	—	—	—	—	—	—
Février ..	566,3	551,3	1	575,8	23	− 8,0	−3,5	− 7,2	− 6,4	−14,4	7	0,0	9	81,8	74,3	78,5	78,3	5,5	17,6
Mars	555,3	542,1	10	567,7	3	−12,1	−6,6	−11,7	−10,4	−22,5	13	2,0	31	87,8	81,1	85,3	84,7	6,9	79,9
Avril	561,4	552,8	24	569,3	3	− 5,9	−0,9	− 6,0	− 4,6	−13,2	8	4,6	27	91,0	76,5	87,1	84,8	6,4	80,2
Mai	564,5	553,8	1	571,6	24	− 0,4	4,0	− 0,5	+ 0,7	− 9,4	10	13,1	25	89,2	79,5	88,8	85,8	6,8	119,3
Juin.....	566,8	560,0	6	572,0	30	2,6	6,3	2,0	+ 3,2	− 3,8	19	15,3	29	95,6	83,3	93,5	90,8	7,8	231,6
Juillet ...	567,4	562,9	19	572,6	9	2,8	4,9	2,9	+ 3,1	− 3,8	16	16,4	12	93,6	91,1	92,8	92,5	7,7	383,8
Août.....	569,9	564,2	10	573,3	13	3,6	7,0	4,0	+ 4,6	− 2,8	17	17,4	14	80,5	82,4	83,3	82,1	5,6	177,2
Septembre.....	565,8	554,3	30	571,0	16 17	0,7	3,6	1,0	1,5	− 5,0	10	8,2	1 19	89,4	83,6	89,3	87,4	7,3	239,5

* Interpolé d'après les observations du Gäbris et du Saint-Bernard.

** La correction du thermomètre (−0°,2) n'est pas ajoutée.

Hauteur pour 1° de température de différence par moyennes (vraies) mensuelles.

	ALTSTÆTTEN AU SENTIS 2008m			GENÈVE AU SAINT-BERNARD 2070m			GÆBRIS AU SENTIS 1214m		
	Différ. Δ	Mètres.		Différ. Δ	Mètres.		Différ. Δ	Mètres.	
1882 Septembre...	11°,2	179		12°,0	173		6°,1	199	
Octobre.....	10,9	184	179m	11,7	177	175m	7,4	164	174m
Novembre...	11,5	175		11,8	176		7,6	160	
Décembre....	9,0	223		9,5	218		8,0	152	
1883 Janvier.....	9,9*	203	208m	10,2	203	205m	7,8*	156	162m
Février.....	10,1	19[illegible]		10,6	195		6,8	179	
Mars.......	11,7	172		13,0	159		5,9	206	
Avril.......	13,4	150	157m	13,9	149	155m	7,4	164	174m
Mai........	13,4	150		13,2	157		7,9	153	
Juin........	13,1	153		13,2	157		7,7	158	
Juillet......	13,9	145	151m	13,5	153	165m	8,5	143	150m
Août.......	12,3	163		11,2	185		8,2	148	
Septembre........	12,0	167		12,4	167		8,1	150	

	DIRECTION DU VENT									INTENSITÉ DU VENT					
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme	7 h. a. m.	10 h. a. m.	1 h. p. m.	4 h. p. m.	9 h. p. m.	Moyenᵉˢ
1882 Septembre.	1	1	4	7	9	50	30	19	29	1,55	1,35	1,32	1,33	1,53	.
Octobre. . .	2	3	3	2	13	38	25	36	33	1,66	1,44	1,26	1,21	1,31	.
Novembre.	2	1	0	1	5	43	53	32	13	2,15	1,95	2,07	2,17	1,92	.
Décembre.	1	3	0	3	5	80	33	27	3	1,94	1,84	1,81	1,81	1,94	.
1883 Janvier. . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.
Février. . .	6	6	4	4	4	41	24	37	14	1,43	1,39	1,36	1,50	1,57	.
Mars.	3	7	6	16	17	65	16	22	3	2,06	1,87	1,85	1,94	2,21	.
Avril.	3	13	9	20	12	42	20	23	8	1,30	1,38	1,27	1,40	1,60	.
Mai.	4	11	7	8	18	34	16	25	32	1,44	1,24	1,01	1,10	1,44	.
Juin	9	16	2	4	9	21	27	36	26	1,08	0,90	0,85	1,10	1,20	.
Juillet. . . .	2	1	0	1	13	40	48	29	21	1,39	1,23	1,21	1,32	1,60	.
Août.	2	7	1	2	6	35	50	16	36	1,19	1,02	0,92	1,03	1,35	.
Septembre.	3	5	3	3	23	36	47	11	19	0,87	0,85	0,98	1,10	1,25	.

N.B. — L'intensité du vent est indiquée de 0 à 4.
0 indique un air tranquille *(calme)*.
4 indique un vent de tempête.

DES

MOUVEMENTS PÉRIODIQUES DU SOL

ACCUSÉS PAR DES NIVEAUX A BULLE D'AIR

(Cinquième année)

PAR

M. Ph. PLANTAMOUR

Avant de donner quelques détails sur la marche des niveaux pendant cette cinquième année d'observations[1], je rappellerai que les inclinaisons du sol représentées par les courbes de la planche XIX se rapportent à l'origine des observations de niveaux, savoir le 1er octobre 1878 pour les mouvements dans la direction Est-Ouest et le 23 décembre de la même année pour ceux qui se manifestent dans le sens du méridien. Ces points de départ, pour lesquels l'inclinaison est zéro, sont marqués sur la planche par les deux lignes situées respectivement entre les mots Est O et Sud O.

Je donne plus loin, comme les années précédentes, les tableaux des inclinaisons exactes, dans les deux directions, que l'on ne peut pas reproduire rigoureusement par des courbes à aussi petite échelle.

[1] Voyez pour les années antérieures *Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. II, p. 641, décembre 1879; t. V, p. 97, février 1881; t. VII, p. 601, décembre 1881; t. VIII, p. 551, décembre 1882.

Les mouvements du sol accusés par les deux niveaux pendant l'année écoulée entre le 1er octobre 1882 et le 30 septembre 1883 offrent une très grande analogie avec ceux des trois années précédentes et montrent d'une manière évidente que les variations de la température extérieure constituent la principale cause qui les déterminent.

Quand on compare la courbe des inclinaisons du sol de l'Est à l'Ouest avec celles des quatre années précédentes on remarque au premier coup d'œil que le côté Est s'est abaissé d'année en année et qu'après la grande chute éprouvée pendant l'hiver 1879-1880 il a continué à s'abaisser. La cause de cet abaissement doit être attribuée pour la plus grande partie à l'effet de la température sur les couches du sol. Depuis 1880 les étés nous ont offert en effet des températures peu élevées, si les hivers ont été relativement modérés d'autre part les températures estivales se sont maintenues au-dessous de la moyenne.

Pour ce qui concerne l'année 1882-1883 l'hiver a été relativement doux, mais la recrudescence de froid que nous avons eue pendant le mois de mars a retardé au 15 mars le maximum d'abaissement de l'Est et ce maximum s'est représenté une seconde fois le 29 du même mois, bien que le minimum de la température extérieure ait eu lieu le 25 janvier; pendant le mois de février la température s'est maintenue plutôt basse, en mars elle s'est abaissée presque autant qu'en janvier et s'est maintenue constamment basse, d'où il est résulté un retard de plus d'un mois sur la date moyenne du maximum d'abaissement. Ce fait confirme la remarque que je faisais l'année dernière que ce n'est pas le minimum de la température qui exerce une action prépondérante sur la date et la quotité de l'abaissement, mais la continuité d'une tem-

Variations d'inclinaison du côté **Est** évaluées en secondes d'arc.
Octobre 1882 à Septembre 1883.

Date.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
1	−89,84	−91,74	− 98,32	−100,96	−109,06	−109,32	−110,14	−110,08	−104,07	−97,30	−95,80	−93,06
2	89,79	91,74	99,67	100,90	109,01	109,17	109,66	109,82	103,16	97,25	95,85	93,55
3	89,46	93,17	100,53	100,26	108,74	110,19	108,64	109,82	102,67	96,93	95,75	93,87
4	90,21	93,33	100,58	102,30	108,37	110,67	108,26	109,60	102,45	96,18	95,80	94,51
5	90,32	93,38	99,45	102,62	108,42	110,62	108,74	109,28	101,55	96,23	95,96	94,99
6	90,70	93,65	99,94	103,10	108,64	111,10	108,74	109,06	101,65	95,91	95,85	95,05
7	90,86	93,71	100,26	103,16	108,96	111,48	109,23	108,47	101,17	95,80	95,69	95,25
8	90,70	93,71	100,63	103,21	108,96	110,67	110,31	107,88	101,17	95,47	95,64	95,25
9	90,06	94,24	101,87	103,59	108,90	110,78	110,25	107,93	101,17	94,08	95,80	95,25
10	89,46	94,24	102,19	104,34	108,26	111,05	110,14	108,47	101,92	94,08	95,80	95,25
11	89,25	94,62	102,14	104,12	108,21	111,00	110,09	108,64	101,92	94,30	96,38	95,42
12	88,93	94,84	102,08	104,23	108,26	111,59	110,14	109,17	101,92	93,38	96,61	94,89
13	89,03	95,48	103,64	104,34	108,37	111,91	110,14	108,64	101,33	93,38	95,85	94,46
14	89,41	95,37	103,75	104,71	108,15	111,96	110,25	107,45	101,33	94,73	95,16	94,57
15	89,89	95,96	103,80	104,61	108,26	112,29	110,25	106,75	100,85	95,75	94,94	94,57
16	89,84	96,23	103,96	104,55	108,21	112,12	110,73	108,47	100,90	96,07	95,32	94,57
17	89,89	96,39	104,12	104,50	108,26	111,43	110,57	107,56	101,01	96,12	95,64	94,40
18	89,96	96,98	104,55	104,50	108,15	110,89	110,25	107,40	101,17	96,02	95,69	94,24
19	90,00	97,68	104,82	104,50	108,26	110,73	109,98	107,67	101,12	96,02	95,53	94,51
20	90,38	97,79	105,15	104,71	108,31	110,73	109,71	107,67	101,65	95,42	95,53	94,57
21	90,54	97,84	105,39	105,20	108,96	110,08	109,60	108,04	101,28	95,10	95,43	94,57
22	90,54	97,96	105,30	105,57	109,06	110,35	109,66	108,10	102,03	95,53	94,78	94,30
23	90,48	98,22	104,39	105,90	109,12	111,27	110,25	108,37	101,65	95,85	94,57	94,30
24	90,54	98,00	104,98	106,49	108,96	111,16	110,19	108,37	101,22	96,34	93,93	95,25
25	90,59	97,52	104,82	107,88	109,06	110,03	111,06	107,88	100,90	96,07	93,71	95,21
26	90,70	95,75	104,23	109,01	108,90	110,41	111,70	107,56	100,58	95,96	93,17	94,89
27	91,34	95,53	102,08	108,63	108,90	110,41	111,48	107,61	99,72	95,69	92,74	94,62
28	91,45	95,52	101,44	108,96	109,12	111,48	110,94	106,81	99,08	95,02	92,58	94,94
29	91,67	97,79	101,44	108,96	......	112,02	110,25	106,11	98,27	96,12	92,53	95,37
30	91,93	98,38	101,44	109,06	......	112,29	109,76	105,47	97,36	95,85	92,69	95,48
31	92,53	.....	102,31	109,06	......	111,43	......	105,36	......	95,80	93,01	.....

Variations d'inclinaison du côté **Sud** évaluées en secondes d'arc.

Octobre 1882 à Septembre 1883.

Date.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
1	−1,87	−3,20	−2,78	−4,36	−4,48	−3,57	−4,11	−1,87	−0,46	−0,17	+1,00	+0,87
2	2,03	3,53	2,70	4,15	4,52	3,53	4,03	1,66	0,54	0,25	0,91	1,12
3	2,20	3,28	2,58	3,98	4,44	3,44	3,40	1,38	0,62	0,12	0,83	1,66
4	1,78	3,20	2,70	3,61	4,40	3,28	3,28	1,70	0,46	0,12	0,79	1,62
5	1,91	3,65	2,99	3,53	4,40	3,15	2,99	1,83	0,58	0	0,95	1,74
6	1,74	3,73	3,15	3,15	4,27	2,70	2,95	1,87	0,25	+0,08	0,87	1,74
7	1,70	3,70	3,32	3,20	4,32	2,99	2,95	1,87	0,33	0,17	0,75	1,70
8	1,67	3,82	2,69	3,28	4,32	2,76	2,49	1,87	0,33	0,12	0,83	1,54
9	1,78	3,94	2,76	3,36	4,32	2,66	2,61	1,66	0,25	0,08	0,71	1,54
10	1,95	3,61	3,19	3,78	4,32	2,90	2,53	1,12	+0,08	0	0,62	1,54
11	2,20	3,57	3,28	3,49	4,07	3,20	2,41	0,91	0,08	0,25	0,66	1,49
12	2,28	3,82	3,28	3,73	3,98	3,69	2,37	0,95	0,08	0,29	0,66	1,12
13	1,99	3,70	3,19	3,86	3,82	3,44	2,41	1,33	0,04	0,25	0,62	0,83
14	1,91	3,90	3,24	3,98	3,69	3,65	2,41	1,66	−0,29	0,58	0,58	0,71
15	1,83	3,49	3,53	3,90	3,69	4,41	2,03	1,78	0,25	1,41	0,46	0,58
16	1,78	2,37	3,57	3,94	3,69	4,19	2,03	1,04	0	1,74	1,00	0,58
17	1,49	2,32	3,73	4,15	3,74	4,11	2,12	1,04	0	1,87	1,04	0,62
18	1,54	2,32	3,82	4,23	3,78	4,11	2,28	0,79	+0,33	1,78	1,20	0,54
19	1,74	2,24	4,07	4,23	3,74	4,11	2,28	0,79	0,54	1,74	1,04	0,29
20	1,91	2,70	4,27	4,19	3,74	4,07	2,24	0,79	0,50	1,58	1,08	0,41
21	2,12	2,70	4,36	4,15	3,69	4,03	1,99	0	0,54	1,37	0,95	0,25
22	2,16	2,74	4,20	4,19	3,82	4,11	1,91	+0,08	0,54	1,29	0,83	0,17
23	2,12	3,20	4,11	4,23	3,86	3,73	1,87	+0,21	0,54	1,54	0,79	0,17
24	2,12	3,57	3,78	4,27	3,94	3,65	1,08	+0,12	0,41	1,62	0,75	0,37
25	1,99	3,65	3,69	3,90	3,94	3,65	1,20	−0,08	0,17	1,58	0,75	0,17
26	2,24	3,94	3,82	4,27	3,82	3,69	1,58	0,37	0,17	1,33	0,79	0,17
27	2,24	3,70	4,40	4,40	3,65	3,65	1,78	0,08	−0,04	1,16	0,71	−0,08
28	2,66	3,49	4,52	4,56	3,65	3,65	1,83	0,21	0,12	1,12	0,83	+0,08
29	2,86	3,07	4,44	4,56	....	4,07	1,78	0,37	0,17	1,08	0,83	0,33
30	2,89	2,99	4,24	4,69	....	4,19	1,83	0,46	0,21	0,87	0,75	0,58
31	3,32	....	4,15	4,52	....	4,07	....	0,46	....	0,95	1,08	....

pérature basse. Nous verrons plus loin qu'il en est de même à l'égard du maximum d'élévation sous l'influence de la chaleur de l'été. L'Est s'est donc abaissé en maximum deux fois en mars, de 22",45 depuis le 1er octobre, à — 112",29 c'est à dire 0,27 secondes d'arc de plus qu'en 1882. L'été si peu chaud n'a amené un relèvement que de 19",76, c'est le plus faible observé pendant ces cinq années; il s'est présenté le 29 août seulement, grâce à l'amélioration de la température des dix derniers jours de ce mois, après un mois très froid pour la saison. Le maximum de la température moyenne des 24 heures a eu lieu le 8 juillet et l'Est était remonté les 12 et 13 juillet à — 93",38 pour retomber pendant un mois de 3",23. Le maximum d'élévation atteint par l'Est savoir — 92",53 s'est produit comme nous venons de le dire le 29 août le même jour où la température depuis le 8 juillet avait atteint pour ainsi dire un second maximum, de 4° toutefois inférieur au premier. C'est donc la continuité d'une certaine température moyenne plutôt que les maxima ou les minima qui déterminent les oscillations extrêmes du sol et cela se comprend facilement parce que les effets de la température exigent un certain temps pour pénétrer dans les couches plus ou moins profondes du sol.

Ces considérations rendent compte également de l'abaissement graduel, bien qu'inégal pour chaque année, qu'a éprouvé l'Est depuis le commencement de ces observations. On voit en effet, qu'à l'exception de l'hiver rigoureux de 1879-1880, les hivers suivants relativement modérés ont amené des abaissements de l'Est très modérés, mais les étés froids ont déterminé des relèvements qui sont en moyenne restés plus faibles que l'abaissement.

Si cette période d'étés froids est arrivée à son terme, il sera intéressant de voir ce qu'amèneront les années subséquentes.

Les oscillations du sol dans la direction du méridien ont été, comme les années précédentes, beaucoup moins fortes que celles de l'Est à l'Ouest; l'amplitude de l'année a été de 6″,56 au lieu de 7″,71 en 1882. Le maximum d'abaissement du côté Sud s'est présenté le 30 janvier 1883, de — 4″,69, quatre jours après le minimum de la température extérieure, et le maximum d'élévation, de + 1″,87, le 17 juillet huit jours après le maximum de température.

On voit d'après ces résultats que le Sud s'abaisse graduellement pendant l'hiver et qu'il se relève peu à peu pendant l'été ; mais ce que je ne saurais expliquer pour le moment, c'est pourquoi dans le courant de l'année les variations de la température extérieure produisent un effet inverse, comme on peut s'en rendre compte par l'examen de la planche : on remarque qu'à chaque abaissement de la température la courbe du Sud se relève et qu'elle s'abaisse de nouveau quand la température s'élève. Cette singularité que toutes les courbes des années antérieures mettent en évidence d'une manière frappante, ne se présente jamais dans la direction Est Ouest où les mouvements de hausse ou de baisse de l'Est suivent toujours exactement les variations de la température.

Cette grande concordance d'une année à l'autre dans les indications de mes niveaux, qui restent à poste fixe sur leurs supports, m'autorise à faire observer que ces indications méritent une plus grande confiance qu'on n'est parfois disposé à leur accorder. Ainsi on objecte que les

effets des actions moléculaires du verre et de la capillarité doivent les altérer et les fausser. Sans nier que ces actions moléculaires puissent entraîner des déformations du verre, bien que pendant ces cinq années la température de la cave se soit maintenue entre + 10° et 19°, ou que la capillarité puisse gêner les mouvements que l'oscillation du sol imprime à la bulle, il faut bien reconnaître que, si elles existent, il est impossible de les constater en présence de la régularité des mêmes indications dans les mêmes circonstances. Il va sans dire que les niveaux doivent être très bien construits et que toute cause perturbatrice dépendant de l'installation doit être minutieusement écartée.

Dans les observatoires le niveau fixe est remplacé pour ainsi dire par l'axe de la lunette méridienne que l'on ramène à l'horizontale à l'aide d'un niveau mobile. M. le professeur Hirsch vient de publier dans le *Bulletin des Sciences naturelles de Neuchâtel*, t. XIII, les résultats de vingt-trois années d'observations sur les variations de l'inclinaison de l'axe de la méridienne de l'observatoire, c'est-à-dire « sur les mouvements du sol, » qui sont d'un très haut intérêt et qui présentent une grande analogie avec les miens.

THÉORIE

DES

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

PAR

M. R. CLAUSIUS [1]

Présenté le 8 août 1883, à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles.

Les machines dynamo-électriques, comme dans le temps les machines à vapeur, ont devancé la théorie dans leur développement pratique ; et ce n'est qu'à la suite de leur perfectionnement qu'on a cherché à représenter par des formules mathématiques les phénomènes qui s'y produisent. Mais les formules employées jusqu'ici ne me paraissent pas encore tout à fait satisfaisantes, soit parce qu'elles reposent sur des bases théoriquement douteuses, soit parce qu'elles sont trop incomplètes pour tenir compte de toutes les circonstances qu'il y a lieu de considérer. C'est pourquoi je prends la liberté de communiquer ici une théorie développée d'une façon un peu plus complète.

[1] Communiqué par l'auteur.

§ 1. *Parties essentielles d'une machine dynamo-électrique.*

Les machines dynamo-électriques qui existent actuellement varient assez quant à leurs formes extérieures, mais fort peu quant à leur principe ; les formes de Gramme et de Siemens me paraissent devoir être considérées comme le type des machines à courants d'une seule direction. Ces deux machines sont d'ailleurs si semblables dans leur action qu'il n'est pas nécessaire, au moins pour la déduction des formules fondamentales, de les considérer séparément, et qu'on peut les réunir dans une théorie commune.

Comme pièces principales, nous trouvons d'abord un électro-aimant fixe avec de larges surfaces polaires, ou bien une combinaison de plusieurs électro-aimants fixes, dont les pôles de même nom sont reliés par des pièces de fer, et ayant par conséquent des surfaces polaires communes. Il nous est inutile de distinguer ces deux cas et nous remarquerons simplement que ce que nous aurons à dire pour un électro-aimant fixe s'appliquera tout aussi bien lorsque, au lieu d'un, il y en aura plusieurs.

Dans l'espace compris entre les pôles de l'électro-aimant fixe se trouve l'électro-aimant mobile. Celui-ci, dans la machine de Gramme, présente la forme annulaire, que Pacinotti avait le premier imaginé de lui donner, et consiste en un anneau de fer soit massif, soit formé, ce qui est le cas le plus habituel, d'un faisceau de fils, sur lequel le fil conducteur vient s'enrouler en spirale. Dans la machine Siemens, c'est un tambour de fer à l'extérieur duquel seulement s'enroule le conducteur. Nous considérerons séparément les deux parties de cet électro-aimant, savoir la spirale et le noyau de fer. Nous désignerons la première, qui doit nécessairement pouvoir prendre un mou-

vement de rotation, sous le nom de *spirale mobile.* La seconde, que nous appellerons le *noyau de la spirale mobile,* ne doit pas nécessairement accompagner la spirale dans son mouvement; elle peut tout aussi bien être fixe: cette disposition est même préférable au point de vue du rendement de la machine, mais son exécution pratique offre des difficultés.

La spirale mobile est partagée en un grand nombre de subdivisions, reliées entre elles par des conducteurs, la fin de l'une étant jointe au commencement de la suivante par une plaque métallique. Ces plaques sont juxtaposées sans présenter entre elles de contacts métalliques, de manière à former un cylindre qui tourne avec la spirale mobile; contre ce cylindre, et aux deux extrémités d'un même diamètre, frottent deux ressorts de contact liés aux deux bouts du fil qui entoure l'électro-aimant fixe et qui constitue aussi le circuit extérieur. La spirale est ainsi divisée, quelle que soit sa position, en deux moitiés qui forment un double conducteur entre les ressorts, et le courant en quittant l'un des ressorts se partage en deux dérivations égales qui se rejoignent sur le ressort opposé.

Le noyau de la spirale est aimanté par deux causes. Il forme d'abord entre les pôles de l'électro-aimant fixe une armature qui, sans les toucher, en est très rapprochée, et se trouve ainsi aimanté de telle sorte que ses pôles sont en regard des pôles de nom contraire de l'électro-aimant fixe; ce que nous pouvons exprimer plus brièvement en disant que l'axe du magnétisme développé de ce chef dans le noyau est dirigé en sens inverse de l'axe de l'électro-aimant fixe. D'autre part le noyau est magnétisé par le courant électrique qui parcourt la spirale mobile entre les deux ressorts de contact. Ceux-ci

sont placés de telle sorte que l'axe du magnétisme qui résulte de cette seconde force soit à peu près perpendiculaire à l'axe du magnétisme dû à la première. La résultante de ces deux actions est un magnétisme dont l'axe est placé obliquement entre leurs deux directions. Quand le noyau tourne, ses pôles se déplacent constamment par rapport à lui, mais gardent une position constante dans l'espace.

Un triple effet d'induction se produit dans la spirale mobile pendant sa rotation. En premier lieu l'électro-aimant fixe, en second lieu le noyau magnétisé, dont les pôles sont immobiles dans l'espace, exerce sur la spirale en mouvement une action inductrice ; troisièmement enfin, le courant qui circule dans la spirale elle-même, et change de sens dans les subdivisions à mesure qu'elles passent devant les ressorts de contact, a aussi sur la spirale une influence inductrice qui agit au moins en partie.

§ 2. *Loi de l'induction.*

Pour établir la loi d'induction que nous aurons à employer dans ce qui suit, nous devons examiner de plus près les courants et les conducteurs en question.

La spirale mobile et la spirale de l'électro-aimant fixe sont composées d'un grand nombre de tours, si rapprochés les uns des autres, que l'on peut supposer sans erreur appréciable que chaque tour ou chaque groupe de tours, au lieu de se terminer sur le commencement du tour ou du groupe suivant, se termine sur son propre commencement. On peut ainsi considérer les deux spirales comme des systèmes de circuits fermés. Quant à ce qui concerne le magnétisme des masses de fer voisines, on sait que les actions électro-dynamiques d'un aimant peu-

vent être ramenées à celles d'un nombre infini de petits courants fermés que l'on se figure exister dans son intérieur. Nous n'avons ainsi à faire qu'à l'action de courants électriques fermés sur des circuits conducteurs fermés ; ce qui simplifie beaucoup les raisonnements et les rend en même temps plus certains, puisque la loi d'induction peut être dans ce cas considérée comme parfaitement établie, tandis que des divergences d'opinion existent encore sur les actions exercées par des courants non fermés sur des circuits non fermés.

L'expression de la loi d'induction prend une grande simplicité si l'on se sert du potentiel électro-dynamique des courants agissants sur les conducteurs supposés parcourus par l'unité de courant. Soit un système quelconque de courants fermés circulant dans des conducteurs s, s_1, s_2,... etc., et ayant des intensités i, i_1, i_2,... etc., soit encore un conducteur fermé σ parcouru par l'unité de courant. Soit ds un élément de l'un quelconque des conducteurs s, s_1, s_2; $d\sigma$ un élément du conducteur σ; représentons par $(s\sigma)$ l'angle que comprennent les directions des deux éléments, et par r leur distance ; le potentiel électro-dynamique W du système de courants sur le courant d'intensité 1 du conducteur σ, est déterminé par l'équation :

$$(1) \qquad W = \iint \frac{i \cos (s\,\sigma)}{r}\, ds\, d\sigma$$

l'une des intégrales devant être étendue à la série des conducteurs s, s_1, s_2, etc., et l'autre au conducteur σ.

Cette expression suppose que les intensités sont données en mesure électro-dynamique ou électro-magnétique. Si l'on voulait employer le système électrostatique,

il faudrait diviser encore par K^2, K étant la vitesse critique de l'électricité, qui est égale à environ 30 fois le quart du méridien.

Si maintenant il se produit un mouvement quelconque des conducteurs et des changements dans les intensités i, i_1, i_2, etc., la force électromotrice e induite dans le conducteur σ se trouve déterminée par l'équation simple:

$$e = -\frac{dW}{dt} \tag{2}$$

où t représente le temps.

§ 3. *Application de cette loi à la spirale mobile.*

Pour trouver par l'équation précédente la force électromotrice induite dans la spirale en mouvement par les aimants et par les courants qui circulent dans les autres conducteurs, nous choisirons une quelconque des subdivisions de cette spirale mobile, qui nous représentera le conducteur σ du paragraphe précédent.

Si nous suivons cette subdivision pendant un tour entier, la série de ses changements de position est telle qu'elle revient finalement à sa position primitive, et que la valeur finale de W est égale à sa valeur initiale. Si donc la direction suivant laquelle on doit considérer la force électromotrice comme positive ne variait pas dans la subdivision, la force électomotrice induite pendant un tour entier serait tantôt positive, tantôt négative et aurait une valeur moyenne nulle. Mais en réalité les choses se passent autrement. Comme nous l'avons remarqué plus haut, la spirale mobile dans son ensemble est constamment partagée par les ressorts en deux moitiés, formant ainsi un double conducteur entre les ressorts. Il en ré-

sulte que la direction dans laquelle la force électromotrice doit être considérée comme positive, celle suivant laquelle le courant passe d'un ressort à l'autre, ne garde pas son sens tout autour de la spirale, mais se trouve au contraire de sens opposé dans les deux moitiés. Il s'ensuit enfin que pour chaque subdivision, le sens des forces positives change à chaque demi-tour, au moment où cette subdivision passant devant un ressort de contact se trouve transportée de l'une des moitiés dans l'autre. Si les ressorts sont bien placés, cet effet se produit aux moments mêmes où la force électromotrice induite change de signe, de sorte qu'en somme la direction de cette force reste la même par rapport au circuit général.

L'influence inductrice étant la même sur les deux moitiés, il suffit pour déterminer la force électro-motrice moyenne de considérer seulement une demi-révolution, c'est-à-dire, le mouvement qui amène la subdivision considérée, d'un ressort de contact à l'autre. Soit W' la valeur de W au commencement de cette demi-révolution, à l'instant t', et soit W'' la valeur de W à la fin, à l'instant $t' + \frac{1}{2}\tau$, τ étant la durée d'un tour entier. L'équation (2) qui donne la force électromotrice moyenne devient alors :

$$(3) \qquad \frac{1}{\frac{1}{2}\tau}\int_{t'}^{t'+\frac{1}{2}\tau} e\,dt = -\frac{1}{\frac{1}{2}\tau}\int_{t'}^{t+\frac{1}{2}\tau}\frac{dW}{dt}\,dt = \frac{1}{\frac{1}{2}\tau}(W' - W'')$$

Cette expression ne s'applique qu'à une seule subdivision ; pour avoir celle qui convient à la spirale mobile entière, il faut la multiplier par le nombre des subdivisions. En déterminant ce nombre, il faut remarquer que les forces induites dans les deux moitiés de la spirale ne peu-

vent pas être réunies dans leur somme et n'entrent qu'une fois dans le compte, puisque les deux moitiés ne forment pas deux portions successives du circuit général, mais seulement deux branches parallèles de ce circuit. Si donc le nombre total des subdivisions est n, il suffira pour obtenir la force électromotrice E_1 relative à la spirale entière de multiplier par $\frac{1}{2} n$ celle qui est relative à une seule subdivision. On aura donc :

$$(4) \qquad E_1 = \frac{n}{\tau} (W' - W'')$$

Nous remplacerons encore la durée τ d'une révolution, par le nombre de révolutions effectuées dans l'unité de temps, c'est-à-dire, par ce qu'on appelle habituellement le nombre de tours.

Appelant v ce nombre on a évidemment :

$$(5) \qquad v = \frac{1}{\tau}$$

et (4) devient

$$(6) \qquad E_1 = n (W' - W'') v$$

§ 4. *Action réciproque du conducteur en mouvement sur le conducteur fixe.*

Dans le paragraphe précédent, il n'a été question que de la force électromotrice induite dans le conducteur mobile par le courant qui parcourt le conducteur fixe et par le magnétisme des masses de fer.

Nous avons maintenant à nous demander si le courant

du conducteur mobile induit aussi une force électromotrice dans le conducteur fixe.

Comme plus haut nous considérons une subdivision σ de la spirale mobile ; désignons par j le courant qui le traverse, en remarquant que ce courant change deux fois de sens à chaque révolution entière. Nous supposons le circuit fixe parcouru par l'unité de courant et nous formons le potentiel électro-dynamique Ω de σ sur s. Ω est donné par une expression analogue à (1).

$$\Omega = \int\int \frac{j \cos (s\sigma)}{r} \, ds \, d\sigma$$

Cette quantité nous permet d'obtenir la force électromotrice ε induite à l'époque t dans le conducteur fixe, par l'équation suivante qui est l'analogue de (2).

$$\varepsilon = - \frac{d\Omega}{dt}$$

Pour en déduire la force électromotrice moyenne, nous avons ici encore à effectuer une intégration par rapport au temps, et à diviser l'intégrale par le temps considéré. Comme le sens des forces positives ne change pas dans le conducteur fixe, nous pouvons étendre l'intégration à une révolution entière, c'est-à-dire, à partir d'un instant quelconque t' jusqu'à l'instant $t' + \tau$; on obtient ainsi :

$$\frac{1}{\tau}\int_{t'}^{t'+\tau} \varepsilon \, dt = - \frac{1}{\tau}\int_{t'}^{t'+\tau} \frac{d\Omega}{dt} \, dt = \frac{1}{\tau} (\Omega' - \Omega'')$$

où Ω' et Ω'' sont les valeurs initiales et finales de Ω. Mais après un tour entier, la position des conducteurs et la direction du courant j qui a changé deux fois de sens se retrouvent les mêmes qu'au commencement, d'où résulte que $\Omega'' = \Omega'$, et que l'expression ci-dessus est nulle. Comme il en est de même pour toutes les subdivisions, nous arrivons à conclure qu'*aucune force électromotrice n'est induite dans le conducteur fixe.* Les forces électromotrices induites, d'une part par le mouvement, et d'autre part par les changements de sens des courants, se détruisent réciproquement.

§ 5. *Action inductrice du conducteur mobile sur lui-même.*

Il nous reste à considérer l'action inductrice exercée par le courant qui traverse la spirale mobile sur la spirale mobile elle-même.

Il faut remarquer d'abord que le conducteur en question ne se meut que dans son ensemble, de sorte que ses diverses parties ne changent pas leurs situations relatives. Il en résulte que le mouvement de la spirale ne peut engendrer aucune induction réciproque de ces diverses parties.

Nous n'avons donc à nous occuper que des variations du courant, c'est-à-dire du renversement qui se produit deux fois à chaque tour, et à chercher s'il peut en résulter une induction sensible. Ce sujet a été traité déjà par Maxwell[1] et par Joubert[2], et je peux suivre ces auteurs, sinon dans le détail du calcul, au moins quant au principe dont ils font usage.

[1] Maxwell, *Phil. Mag.* (4) **33**, p. 474. 1867.
[2] Joubert, *C. R.*, **96**, p. 641. 1883.

Le changement de sens du courant, au moment du passage de la subdivision considérée contre un des ressorts de contact, s'effectue de la manière suivante. Jusqu'à un certain instant, cette subdivision appartient à l'une des moitiés du système mobile; puis, pendant un temps très court, ses deux bouts sont en contact avec le ressort, et elle forme à elle seule un circuit fermé; cet instant une fois passé, elle fait partie de la seconde moitié de la spirale. Cette circonstance que la subdivision est fermée sur elle-même pendant un instant si court qu'il soit, empêche d'admettre qu'elle arrive dans la seconde moitié avec le même courant qu'elle avait dans la première, et que tout le renversement ait lieu dans la seconde moitié. Il faut considérer qu'une partie du changement se produit dans l'intervalle de fermeture, et que le reste seulement a lieu dans la seconde moitié.

Chacune de ces deux modifications successives du courant donne lieu à une double induction, d'une part sur la subdivision considérée elle-même (*selbstinduction*), et de l'autre sur les autres subdivisions de la spirale mobile.

Examinons d'abord la partie de la modification qui se produit pendant l'instant de passage. Il n'y a pas lieu dans cet instant de considérer l'induction de la subdivision sur elle-même; la subdivision étant fermée n'appartient pas alors au circuit général pour lequel il s'agit de déterminer la force électromotrice induite. — Quant à l'effet produit sur les autres subdivisions, celles-ci étant placées symétriquement des deux côtés de la première, les forces induites sont les mêmes des deux côtés. Mais comme dans les deux moitiés la direction des forces positives est différente, les deux forces engendrées sont de signe contraire et se contre-balancent dans le circuit géné-

ral. Nous trouvons donc que le changement de courant pendant l'instant de passage n'entraîne l'induction d'aucune force électromotrice sur l'ensemble du circuit.

Nous avons maintenant à considérer la partie du renversement du courant qui a lieu après que la subdivision considérée est entrée dans la seconde moitié de la spirale mobile.

Il faut ici tenir compte de l'induction de la subdivision sur elle-même, puisque cette subdivision fait alors partie du circuit général. L'induction sur les autres portions de la spirale mobile ne se comporte pas non plus comme dans le cas précédent, les deux moitiés de la spirale ne sont plus tout à fait symétriques, car la subdivision considérée touche d'un côté à une subdivision qui se trouve précisément fermée par le ressort de contact, et n'appartient plus par conséquent au circuit général, tandis que de l'autre côté sont seulement des subdivisions appartenant à ce circuit. Ce dernier côté ne contre-balance plus exactement l'autre, mais donne un excès de force électromotrice induite, excès dirigé en sens inverse du courant, tout comme la force électromotrice résultant de l'induction de la subdivision sur elle-même.

Pour déterminer cet excès, nous devons former le potentiel électro-dynamique de la subdivision considérée sur une subdivision voisine, en supposant la première traversée par le courant réel et la seconde par l'unité de courant; pour obtenir la force électromotrice résultant de son induction sur elle-même, nous devons former le potentiel électro-dynamique de la subdivision sur elle-même, en la supposant parcourue d'une part par le courant réel, et de l'autre par l'unité de courant. De la variation de ces potentiels par suite de la variation du courant,

on déduit la force électromotrice induite. Et nous ne devons pas tenir compte de tout le renversement du courant, mais seulement de la modification qu'il éprouve après que la subdivision est entrée dans la seconde moitié de la spirale mobile. La valeur de cette modification ne peut être donnée d'une manière générale. Elle dépend de la construction de la machine et de la position des ressorts de contact. Nous nous bornerons donc à établir une expression renfermant un facteur indéterminé et à y joindre quelques mots d'explication.

La force électromotrice totale E_2, produite par l'induction du conducteur mobile sur lui-même, est en tout cas proportionnelle à l'intensité du courant, laquelle, dans les deux moitiés du circuit prises ensemble, est égale à i. Elle doit de plus être proportionnelle au nombre des tours v puisqu'elle dépend du nombre des renversements du courant. Nous pouvons donc en remarquant que cette force électromotrice est négative poser

$$(7) \qquad E_2 = -\rho i v$$

où ρ est le facteur indéterminé dont nous venons de parler.

Ce facteur a une propriété remarquable entraînant une différence particulière entre E_2 et la quantité E_1 déterminée plus haut. Supposons que le nombre n des subdivisions qui forment la spirale mobile soit changé, d'où résulte naturellement un changement en raison inverse des longueurs de ces subdivisions; et cherchons ce qu'il en résulte pour les quantités E_1 et E_2.

En déterminant E_1 nous avions affaire au potentiel des courants fixes et des aimants sur une subdivision. Ce

potentiel est à peu près proportionnel à la longueur de celle-ci ou à la fraction $\frac{1}{n}$ et puisque dans le calcul on multiplie par n, on obtient pour E une expression qui est presque indépendante de n.

En déterminant E_2 au contraire nous avons à considérer le potentiel d'une subdivision sur elle-même et celui d'une subdivision sur une autre. Ces deux potentiels à l'exception d'un terme qui existe dans le premier et qui est indépendant de la longueur, sont proportionnels sensiblement au carré de la longueur des subdivisions et par suite à la fraction $\frac{1}{n^2}$; comme ici encore on a à multiplier par n pour avoir l'action totale, la valeur de E_2 qui en résulte doit être à peu près proportionnelle à $\frac{1}{n}$.

Ainsi les grandeurs E_1 et E_2 diffèrent en ce qu'un changement du nombre n des subdivisions qui forment la spirale mobile influence très peu la première et beaucoup la seconde, et cela de telle façon que E_2 diminue quand n augmente. Comme E_2 est négatif et représente une perte de force électromotrice, il y a donc avantage à augmenter autant que possible le nombre des subdivisions.

Ayant dans les équations (6) et (7) les expressions des forces électromotrices E_1 et E_2 qui agissent sur le circuit général, nous pouvons obtenir en les ajoutant, la force électromotrice totale qui est

$$E = n\,(W' - W'')\,v - piv \tag{8}$$

§ 6. *Travail effectué par les forces électromotrice et pondéro-motrice.*

Pour exprimer le travail de la force électromotrice E

pendant l'unité de temps, nous devons la multiplier par l'intensité du courant qui passe par l'ensemble des deux moitiés de la spirale mobile, c'est-à-dire par *i*. En employant l'expression (8) ci-dessus, on obtient

$$\text{(9)} \qquad Ei = n\,(W' - W'')\,iv - \rho i^2 v$$

Il est un autre travail qui peut être utilement comparé avec celui que nous venons de voir : c'est celui de la *force pondéro-motrice* exercée sur la spirale par le reste du système.

Si nous considérons une subdivision de la spirale dont chaque moitié est traversée par le courant $\frac{i}{2}$, le travail de la force pondéro-motrice qui agit sur elle, est pendant le temps *dt*, en supposant que cette force émane de conducteurs fixes et que toutes les intensités des courants soient constantes,

$$\frac{i}{2}\,\frac{dW}{dt}\,dt$$

on en déduit le travail pour une demi-révolution

$$\frac{1}{2}\,(W'' - W')$$

et la durée de la demi-révolution étant $\frac{\tau}{2}$ on a pour l'unité de temps le travail

$$\frac{i}{\tau}\,(W'' - W')$$

ou ce qui est la même chose

$$i\,(W'' - W')\,v$$

Comme il y a n subdivision, le travail T rapporté à l'unité de temps, de la force pondéro-motrice totale qui agit sur la spirale mobile, sera déterminé par l'équation

$$\text{(10)} \qquad T = n\,(W'' - W')\,iv$$

Si l'on compare ce travail au travail (9) de la force électromotrice, on trouve que ce dernier n'en diffère que par le signe et par le terme $-\rho i^2 v$ qui représente le travail de la force induite dans la spirale elle-même par le courant qui la traverse. On peut donc écrire

$$\text{(11)} \qquad Ei = -T - \rho i^2 v$$

§. 7. *Détermination du magnétisme des aimants qui font partie de la machine.*

Pour donner aux résultats théoriques qui précèdent une forme plus précise et mieux appropriée à la suite des calculs, nous devons calculer la force des électro-aimants qui existent dans la machine.

Nous avons d'abord à considérer l'électro-aimant fixe. Son moment magnétique d'où dépend la force qu'il exerce dans le champ compris entre ses pôles, n'est pas proportionnel à l'intensité du courant qui parcourt sa spirale, mais suit une autre loi. Pour une faible intensité de courant il croît à peu près proportionnellement à cette intensité; mais si elle devient plus grande, il croît plus lentement, et si elle est très grande il tend vers une valeur

limite. Frölich[1] a représenté cette loi par une équation qui, sauf des changements de notation sans importance, est la suivante

$$M = \frac{Ai}{1 + \alpha i} \tag{12}$$

où M est le moment magnétique, A et α des constantes.

Je ne pense certainement pas que ce soit là la meilleure manière de représenter la variation du moment magnétique, mais dans le cas actuel où, par suite des nombreuses circonstances accessoires qui échappent à une évaluation précise, nous ne pouvons pas espérer autre chose que des résultats approchés, il me paraît permis de recourir à cette formule qui est remarquable par sa simplicité.

Lorsque l'intensité est très faible, il faut tenir compte du magnétisme rémanent existant dans le fer de l'électro-aimant à la suite d'une aimantation précédente. Ce magnétisme rémanent est évidemment sans importance pour des calculs s'appliquant à la machine en pleine marche; mais il constitue une condition essentielle de l'apparition du courant lors de la mise en marche; c'est pourquoi nous aurons à y revenir plus tard. En attendant nous pouvons en faire abstraction et nous en tenir simplement à l'équation (12).

Nous avons ensuite à considérer le magnétisme du noyau de fer de la spirale mobile : ce magnétisme est plus compliqué à déterminer, parce que, comme nous l'avons déjà remarqué dans le § 1, il provient de deux forces

[1] Frölich, *Electrotechn. Zeits. des Berl. Electrotechn. Vereins*, II, p. 139. 1881.

magnétiques exercées l'une par l'électro-aimant fixe et l'autre par le courant qui parcourt la spirale mobile.

La première de ces forces est proportionnelle au moment magnétique M de l'électro-aimant fixe, et si elle agissait seule, elle produirait dans le noyau un moment magnétique que nous pouvons représenter, exactement comme nous l'avons fait pour le moment de l'électro-aimant fixe résultant du courant i, par l'expression

$$\frac{CM}{1 + \gamma M}$$

où C et γ sont des constantes.

La seconde force, perpendiculaire à la première, produirait, si elle agissait seule, un moment magnétique que l'on peut représenter également par une expression de la forme précédente, en remplaçant M par une autre quantité dépendant de la force magnétisante exercée par la spirale sur le noyau, comme le moment magnétique M dépend de la force magnétisante exercée par l'électro-aimant fixe sur le noyau. Soit N cette quantité, que nous définissons en représentant le moment magnétique que la spirale produirait à elle seule dans le noyau de fer par la formule

$$\frac{CN}{1 + \gamma N}$$

N doit nécessairement être proportionnelle à l'intensité i du courant dans l'ensemble des deux moitiés de la spirale mobile; de sorte que l'on peut poser

$$N = Bi \tag{13}$$

B étant constant pour chaque machine.

Quand ces deux forces magnétisantes agissent simultanément sur le noyau, le magnétisme qui en résulte doit être augmenté. Pour obtenir le moment magnétique P de ce magnétisme, il faut d'abord former la résultante $\sqrt{M^2+N^2}$ de M et N, et l'on pourrait donner à la nouvelle expression la forme ci-dessus en mettant cette résultante au numérateur et au dénominateur à la place de M ou de N; on aurait alors

$$P = \frac{C\sqrt{M^2+N^2}}{1+\gamma\sqrt{M^2+N^2}}.$$

Mais nous avons remarqué déjà que l'expression de Frölich par laquelle nous avons représenté le moment magnétique en fonction de la force magnétisante qui le produit, ne peut être considérée que comme approximative; et cela est vrai surtout quant à la forme de son dénominateur. Or, le radical $\sqrt{M^2+N^2}$ au dénominateur serait incommode pour le calcul, et nous pouvons sans inconvénient simplifier un peu notre formule. L'une des deux forces magnétisantes est exercée directement par le courant : elle est par conséquent proportionnelle à l'intensité i. L'autre force est produite aussi par le courant, sinon directement au moins indirectement, puisque celui-ci produit le magnétisme de l'électro-aimant fixe, lequel à son tour exerce la force en question. Le degré d'exactitude de la formule ne sera donc pas diminué sensiblement, si l'on y remplace, au dénominateur, le radical par une quantité proportionnelle à l'intensité i; le dénominateur a alors la même forme que dans l'équation (12) et P est donné par

$$(14) \qquad P = \frac{C\sqrt{M^2 + N^2}}{1 + \beta i}$$

où β est une nouvelle constante qu'il faudra déterminer spécialement pour chaque machine.

L'axe de ce moment magnétique P a la même direction que la résultante des forces magnétisantes exercées par l'électro-aimant fixe et par la spirale. Si nous représentons par φ et $\frac{\pi}{2} - \varphi$ les angles que cet axe forme avec les deux forces perpendiculaires, dont la première est dirigée en sens inverse de l'axe de l'électro-aimant fixe, on a pour déterminer φ

$$(15) \qquad \cos\varphi = \frac{M}{\sqrt{M^2 + N^2}}; \quad \sin\varphi = \frac{N}{\sqrt{M^2 + N^2}}$$

Au moyen de ces relations nous pouvons décomposer le moment magnétique P suivant les directions des deux forces et obtenir ainsi des composantes dont l'emploi simplifiera la suite du calcul. Représentons ces composantes par P_1 et P_2, nous aurons

$$(16) \qquad \begin{cases} P_1 = P\cos\varphi = \dfrac{CM}{1 + \beta i} \\ P_2 = P\sin\varphi = \dfrac{CN}{1 + \beta i} \end{cases}$$

§ 8. *Travail des forces pondéro-motrices et électromotrices dans le cas où le noyau de fer de la spirale mobile est en repos.*

Ayant obtenu les moments magnétiques dont nous

avons besoin, nous pouvons déterminer le travail fourni par la force pondéro-motrice lorsque la machine est en marche. Nous ferons d'abord pour cela une supposition qui n'est pas réalisée il est vrai dans les machines de construction habituelle, mais dont les résultats peuvent facilement être étendus à ces dernières et qui facilitera notre recherche. Nous admettrons en effet que le noyau de fer de la spirale mobile ne partage pas la rotation de celle-ci, mais qu'il soit fixé, de telle sorte que la spirale mobile tourne seule et se trouve soumise à l'action d'une double force, la force de l'électro-aimant fixe qui agit depuis l'extérieur, et la force du noyau de fer magnétique qui agit depuis l'intérieur[1].

La force pondéro-motrice que l'électro-aimant fixe exerce sur la spirale mobile est proportionnelle, d'une part au moment magnétique M de l'électro-aimant fixe, et d'autre part au moment magnétique de la spirale et par suite aussi à la quantité N introduite plus haut.

Nous pouvons donc représenter le travail effectué par cette force pendant l'unité de temps, travail qui doit encore être proportionnel au nombre de tours v par le produit de MNv et d'un facteur constant.

Mais comme pour le sens de rotation que doit avoir la machine lorsqu'elle est employée à produire un courant,

[1] En toute rigueur nous devrions dans l'électro-aimant fixe distinguer encore deux forces qui devraient être considérées séparément : 1° la force exercée par le noyau de fer magnétique de l'électro-aimant fixe, et 2° la force exercée directement par le courant qui traverse la spirale de l'électro-aimant fixe ; mais comme dans les machines dynamo-électriques connues, cette seconde force est très faible comparativement à la première, nous négligerons cette distinction et nous ne considérerons que la force totale de l'électro-aimant fixe.

sens que nous appellerons le sens positif, le travail de la force pondéro-motrice est négatif, puisque cette force s'oppose au mouvement et doit être vaincue par une force étrangère; il y a lieu de rappeler cette circonstance en affectant le facteur constant du signe —; nous le représenterons donc par $-h$; alors l'expression de ce travail est

$$-h\,M\,N\,v$$

L'autre force pondéro-motrice, que la spirale mobile éprouve de la part de son noyau magnétique intérieur est d'abord comme la précédente proportionnelle à la quantité N; elle dépend en outre du moment magnétique du noyau de fer; mais dans ce dernier moment nous devons distinguer les deux composantes introduites à la fin du dernier paragraphe. La composante P_2, qui représente un moment magnétique dont l'axe coïncide avec l'axe de N, a un moment de rotation nul sur la spirale mobile. La composante P_1 au contraire, qui représente un moment magnétique dont l'axe est perpendiculaire sur l'axe de N, donne un moment de rotation qui est proportionnel à P_1. Nous pouvons donc représenter le travail de cette force pondéro-motrice, qui, comme le précédent, est encore proportionnel au nombre des tours v, et qui est négatif pour une rotation positive, par

$$-k\,N\,P_1\,v$$

k désignant une nouvelle constante.

En additionnant ces deux travaux partiels, nous obtenons le travail de la force pondéro-motrice totale pendant l'unité de temps, savoir

$$T = -h\,M\,N\,v - k\,N\,P_1\,v \tag{17}$$

Puis l'équation (11) permet de déduire de cette expression le travail de la force électromotrice

$$(18) \qquad Ei = h\,M\,N\,v + k\,N\,P_1\,v - \rho i^2 v$$

Et enfin remplaçant P_1 par sa valeur donnée à la fin du dernier paragraphe, on obtient

$$(19) \qquad T = -MN\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)v$$

$$(20) \qquad Ei = MN\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)v - \rho i^2 v$$

§ 9. *Travail des forces pondéro-motrice et électromotrice dans le cas où le noyau accompagne la spirale mobile dans sa rotation.*

Dans les calculs précédents nous avons admis que le noyau restait immobile et que la spirale seule était en mouvement. Dans les machines réellement employées le noyau est au contraire presque toujours invariablement lié à la spirale et tourne avec elle. Nous avons à nous demander si et jusqu'à quel point il en résulte un changement dans les effets produits.

Quand le noyau tourne, les pôles du magnétisme qui s'y développe changent continuellement de place *dans le fer lui-même,* mais ils gardent leur position *dans l'espace.* Il résulte de cette dernière circonstance que les divers tours de la spirale, tout en conservant leur position *relativement aux divers points de la masse de fer,* se déplacent constamment *par rapport aux pôles.*

Si le mouvement est lent, on peut admettre que les pôles ont la même position et la même intensité que lors-

que le noyau est immobile. Si le mouvement est rapide, il n'en est naturellement plus de même, il se produit des perturbations dans leur position et dans leur intensité : Toutefois nous négligerons d'abord ces perturbations, nous réservant de les examiner ensuite en même temps qu'une autre action secondaire qui se produit lorsque le mouvement est rapide. Nous admettrons donc pour le moment que *dans le noyau en mouvement les pôles ont la même position et la même intensité que dans le noyau immobile.*

Pour ce qui concerne la force *électromotrice* induite, comme elle ne résulte que du déplacement des tours de la spirale mobile *par rapport aux pôles*, on voit qu'elle ne doit pas changer dans les conditions supposées. Nous pouvons donc employer, dans le cas d'un noyau entraîné dans le mouvement de la spirale, les équations (18) et (20) qui nous ont donné le travail de la force électromotrice dans le cas où le noyau est fixe.

Pour la force *pondéro-motrice* au contraire, la question est moins simple, attendu que suivant la nature du mouvement, des forces différentes entrent en jeu en produisant un travail mécanique. La force exercée par le noyau magnétique sur la spirale, qui fournissait le travail que nous avons déterminé dans le cas où la spirale seule est mobile, a son action contre-balancée dans le cas où le noyau est lié à la spirale, par la force égale et contraire exercée par le courant qui parcourt celle-ci sur le noyau magnétisé. En revanche, une autre force, celle qui est exercée par l'électro-aimant fixe sur le noyau, et qui ne travaillait pas lorsque celui-ci était immobile, produit au contraire un travail lorsqu'il se meut. Il faut donc comparer les grandeurs de ce dernier travail et de celui que nous avons déterminé précédemment.

C'est ce qu'on peut faire par des considérations assez simples. Supposons un instant qu'il n'y ait *que le noyau* de mobile, tandis que la spirale et l'électro-aimant restent dans une position invariable. Lorsque le noyau est rendu magnétique par l'action commune de l'électro-aimant et du courant de la spirale, des forces agissent sur lui, mais elles ne le mettent pas en mouvement, ainsi qu'on peut le conclure de sa forme de solide de révolution dont l'axe coïncide avec l'axe de rotation; mais si ces deux forces motrices ne le mettent pas en mouvement, on en conclut qu'elles ont des moments de rotation égaux et opposés; le moment de rotation exercé par l'électro-aimant fixe sur le noyau est donc égal et opposé au moment de rotation exercé par la spirale. Celui-ci étant à son tour égal et opposé au moment de rotation que le noyau exerce sur la spirale, il s'ensuit que *le moment de l'action exercée par l'électro-aimant fixe sur le noyau est égal et de même sens que celui de l'action exercée par le noyau sur la spirale mobile.*

Par suite le travail effectué par l'action de l'électro-aimant fixe sur le noyau lorsque celui-ci se meut, a la même valeur que le travail déterminé ci-dessus de la force exercée par le noyau immobile sur la spirale en mouvement.

En représentant mathématiquement ces deux travaux, on obtient d'abord il est vrai des expressions qui semblent différentes. Le second de ces travaux doit être proportionnel à N et à P_1 et nous avions trouvé

$$-k\,N\,P_1\,v$$

k étant une constante indéterminée. L'autre travail au

contraire doit être proportionnel à M et à P_2 et peut de même être représenté par

$$-k'MP_2v$$

k' étant provisoirement une nouvelle constante indéterminée. Ces expressions paraissent fort différentes, mais en y remplaçant P_1 et P_2 par leurs valeurs (16) elles deviennent

$$-\frac{kCMN}{1+\beta i}v \quad \text{et} \quad -\frac{k'CMN}{1+\beta i}v$$

il suffit donc de prendre $k'=k$ pour rendre égales ces deux expressions, qui doivent l'être d'après les raisonnements qui précèdent.

Ayant démontré l'égalité dans les deux cas de la partie du travail de la force pondéro-motrice qui seule semblait pouvoir être différente, nous voyons que tout le travail de la force pondéro-motrice reste le même que le noyau soit ou non immobile, et nous pouvons par suite, en réservant l'hypothèse posée pour la situation et la force des pôles, employer dans le cas aussi où le noyau accompagne la rotation de la spirale, l'expression (19) du travail T, démontrée pour le cas où le noyau est immobile.

§ 10. *Modifications à apporter aux résultats précédents dans le cas d'une rotation rapide.*

Nous avons supposé dans ce qui précède que le magnétisme produit dans le noyau par l'action commune de l'électro-aimant fixe et du courant de la spirale, est le même lorsque le noyau tourne que lorsqu'il reste immobile. Cette condition est satisfaite suffisamment lorsque le

mouvement est lent; mais pour une rotation rapide, il résulte de l'inertie que le fer oppose aux changements de son état magnétique, que les pôles ont une position et une intensité un peu différentes dans le noyau en mouvement que dans le noyau en repos. Jusqu'ici à ma connaissance, on n'a pas tenu compte de cette circonstance dans les calculs relatifs aux machines dynamo-électriques.

Pour la position des pôles, ou la direction de l'axe magnétique, l'angle φ que forme cet axe dans le noyau en repos avec la direction opposée à l'axe de l'électro-aimant est déterminé par les équations (15) du § 7. Si maintenant le noyau tourne rapidement, on peut admettre que son axe magnétique est déplacé dans le sens de la rotation, d'un petit angle proportionnel à la vitesse. Si donc φ' représente l'angle du nouvel axe magnétique du noyau avec l'axe renversé de l'électro-aimant, on peut poser

(21) $$\varphi' = \varphi + \varepsilon v$$

ε étant une petite quantité constante.

L'intensité des pôles doit être un peu plus faible dans le noyau en mouvement que lorsqu'il est immobile. Je pense que l'on ne commet pas d'erreur appréciable en admettant que le nouveau moment magnétique est égal à la projection du moment primitif sur la nouvelle direction de l'axe. Ce moment primitif P a été déterminé par l'équation (14); appelant P′ le moment magnétique dans le noyau en mouvement, nous poserons donc

(22) $$P' = P \cos \varepsilon v$$

Si maintenant nous décomposons ce moment magnéti-

que P', comme nous l'avions fait pour P, en deux composantes parallèle et perpendiculaire à l'axe de l'électro-aimant pris en sens contraire, composantes que nous appellerons P'_1 et P'_2 nous aurons

$$\begin{aligned} P'_1 &= P' \cos \varphi' = P \cos \varepsilon v . \cos (\varphi + \varepsilon v) \\ P'_2 &= P' \sin \varphi' = P \cos \varepsilon v . \sin (\varphi + \varepsilon v) \end{aligned}$$

Développant ces expressions suivant les puissances de εv, et négligeant les puissances supérieures à la première de la petite quantité εv, il vient

$$\begin{aligned} P'_1 &= P (\cos \varphi - \varepsilon v \sin \varphi) \\ P'_2 &= P (\sin \varphi + \varepsilon v \cos \varphi) \end{aligned}$$

ou enfin, en tenant compte des équations (16)

$$(23) \qquad \begin{cases} P'_1 = \dfrac{C}{1 + \beta i} (M - \varepsilon v N) \\ P'_2 = \dfrac{C}{1 + \beta i} (N + \varepsilon v M) \end{cases}$$

Les termes contenant εv produisent une augmentation du travail et une diminution du courant lorsque le sens de la rotation est tel que la machine absorbe du travail et fournit un courant; ils donnent lieu au contraire à une augmentation du courant et une diminution du travail, lorsque la machine, sous l'influence du courant, fournit un travail mécanique. Ainsi l'inertie magnétique du noyau en mouvement a dans tous les cas une influence nuisible sur le rendement de la machine. Cette influence peut être diminuée en donnant aux ressorts de contact une position dif-

férente suivant que la rotation est lente ou rapide, mais on ne peut pas la supprimer complètement.

En dehors de cette influence de l'inertie magnétique du fer, il peut se produire une autre action, également défavorable pour le rendement de la machine : je veux parler de l'induction de courants magnétiques dans le noyau lui-même. Ces courants sont souvent appelés courants de Foucault, parce que cet auteur a fait une expérience qui démontre leur existence d'une manière frappante. Toutefois l'existence et l'explication de ces courants étaient connues longtemps avant cette expérience de Foucault[1].

Quand le noyau tourne, il est soumis à l'action de l'électro-aimant fixe, et des forces électromotrices sont induites dans sa masse, comme dans tout conducteur qui se meut en présence d'un aimant.

Le noyau tournant étant de plus sous l'influence du courant de la spirale, nous avons à voir si ce courant produit aussi une induction sur lui. Le conducteur de ce courant tourne avec le noyau et est en repos relativement à lui ; une induction ne peut donc se produire que par des variations du courant. Or, de telles variations ont lieu en effet dans les subdivisions qui passent devant les ressorts et où le sens du courant se renverse. Ces renversements continuellement répétés doivent avoir pour conséquence une induction sur le noyau.

Mais par un raisonnement analogue à celui du § 9, on peut prouver aisément que les forces électromotrices

[1] Je remarquerai seulement à cet égard que le mouvement de rotation que prend une aiguille aimantée au-dessus d'un disque métallique tournant, et l'étouffement des oscillations de l'aiguille dans une enveloppe de cuivre, phénomènes qui résultent des courants en question, étaient généralement connus à cette époque, et que personne n'avait de doute sur leur cause.

induites dans le noyau en mouvement, lorsque la spirale l'accompagne et que les renversements de courant se produisent, doivent être les mêmes que lorsque la spirale est immobile et que les renversements de courant n'ont pas lieu. Nous pouvons alors déterminer l'induction en supposant que le noyau en mouvement se trouve simplement sous l'influence de l'électro-aimant fixe et d'un courant invariable circulant dans un conducteur fixe aussi. Nous concluons ainsi que les forces qui produisent l'induction sont les mêmes que celles qui produisent la magnétisation, et nous savons que ces dernières ont une résultante dont la grandeur est, à un facteur constant près $\sqrt{M^2+N^2}$ et dont la direction est déterminée par l'angle φ des équations (15).

Ces forces électromotrices induites dans le fer du noyau peuvent donner naissance à des courants fermés qui circulent dans son intérieur, mais dont le développement peut être presque complètement empêché en formant le noyau de parties disjointes. C'est à quoi l'on parvient dans la machine Gramme en employant un faisceau annulaire de fils de fer au lieu d'un anneau massif.

Quand ces courants sont un peu forts, ils exercent une double influence. Ils ont d'abord eux-mêmes un moment magnétique qui doit entrer en ligne de compte comme les autres moments; puis ils ont une action magnétisante sur le fer, et modifient ainsi le magnétisme déjà existant dans le noyau.

L'intensité des courants induits dans le noyau, et par suite la grandeur de leur moment magnétique, est proportionnelle d'une part à la force induisante, ou à $\sqrt{M^2+N^2}$, et d'autre part à la vitesse de rotation v. On peut ainsi représenter ce moment par

$$\eta v \sqrt{M^2 + N^2}$$

η étant une petite quantité constante.

Pour déterminer ensuite le moment du magnétisme développé par ces courants, il faut observer que la masse de fer sur laquelle ils agissent est déjà magnétisée par d'autres forces beaucoup plus puissantes; ce qui influe sur le dénominateur de l'expression cherchée. Nous devons former pour le moment cherché comme nous l'avons fait pour le moment magnétique P dans l'équation (14), l'expression

$$\frac{D \eta v \sqrt{M^2 + N^2}}{1 + \beta i}$$

où D est une constante analogue à la constante C de (14). Ces deux moments que nous venons de déterminer ayant leurs axes parallèles, nous n'avons qu'à les additionner et nous obtenons le moment total

$$\eta v \sqrt{M^2 + N^2}\left(1 + \frac{D}{1 + \beta i}\right)$$

La direction de l'axe de ce moment magnétique résultant de l'induction est perpendiculaire à la force qui produit cette induction; de sorte que nous devons employer, pour la déterminer, l'angle $\varphi + \frac{\pi}{2}$ au lieu de l'angle φ. Si nous décomposons ce moment suivant les directions des composantes P_1 et P_2 du moment P, nous devons le multiplier par cos $(\varphi + \frac{\pi}{2})$ et sin $(\varphi + \frac{\pi}{2})$, ou, ce qui est la

même chose, par — sin φ et cos φ. Nous obtenons alors suivant la direction de P_1 la composante

$$-\eta v\sqrt{M^2+N^2}\left(1+\frac{D}{1+\beta i}\right)\sin\varphi$$

et suivant la direction de P_2

$$\eta v\sqrt{M^2+N^2}\left(1+\frac{D}{1+\beta i}\right)\cos\varphi$$

Remplaçant enfin cos φ et sin φ par leurs valeurs (15) ces expressions deviennent

$$-\eta v N\left(1+\frac{D}{1+\beta i}\right),\quad \eta v M\left(1+\frac{D}{1+\beta i}\right)$$

et nous devons les ajouter respectivement aux quantités P_1' et P_2' des équations (23) que nous avons déduites de P_1 et P_2 en tenant compte de l'inertie magnétique du fer. Nous obtenons alors les composantes P_1'' et P_2'' du moment magnétique total du noyau :

$$(24)\quad \begin{cases} P''_1 = \dfrac{C}{1+\beta i}(M-\varepsilon v N) - \eta v N\left(1+\dfrac{D}{1+\beta i}\right) \\ P''_2 = \dfrac{C}{1+\beta i}(N+\varepsilon v M) + \eta v M\left(1+\dfrac{D}{1+\beta i}\right) \end{cases}$$

Si l'on pose pour abréger

$$(25)\quad \varepsilon' = \varepsilon + \frac{D}{C}\eta$$

ces formules deviennent

$$(26)\qquad \left\{\begin{aligned} P''_1 &= \frac{C}{1+\beta i}(M - \varepsilon' v N) - \eta v N \\ P''_2 &= \frac{C}{1+\beta i}(N + \varepsilon' v M) + \eta v M \end{aligned}\right.$$

Ce sont ces dernières équations que nous emploierons comme étant plus générales que les formules (23). Dans les machines où les courants induits dans le noyau sont trop faibles pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte, on n'aura qu'à faire $\eta = 0$ d'où $\varepsilon' = \varepsilon$; et l'on retombera sur les équations (23).

§ 11. *Emploi des quantités qui précèdent pour déterminer les travaux effectués par les forces pondéro-motrice et électromotrice.*

Revenons aux équations (17) et (18) que nous avons posées dans le § 8 pour représenter le travail des forces pondéro-motrice et électromotrice dans le cas où le noyau est immobile. Dans le cas où le noyau tourne aussi, l'équation (17) doit encore être modifiée d'après le § 9 en y remplaçant le produit N P_1 par M P_2. — Substituons dans les deux équations les nouvelles valeurs P_1'' et P''_2 à la place des anciennes P_1 et P_2, il vient

$$(27)\qquad \left\{\begin{aligned} T &= -h M N v - k M P''_2 v \\ Ei &= h M N v + k M P''_1 v - \rho i^2 v \end{aligned}\right.$$

Puis mettons pour P_1'' et P_2'' leurs valeurs

$$(28)\qquad \left\{\begin{aligned} T &= -MN\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)v - k M^2\left(\eta + \frac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)v^2 \\ Ei &= MN\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)v - \rho i^2 v - k N^2\left(\eta + \frac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)v^2 \end{aligned}\right.$$

Mettons enfin pour M et N leurs valeurs (12) et (13), c'est-à-dire

$$M = \frac{Ai}{1 + \alpha i} \qquad N = Bi$$

le facteur i de la 2me équation disparaît, et l'on obtient :

$$\text{(I)}\ T = -\left[\frac{AB}{1+\alpha i}\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)v + \frac{kA^2}{(1+\alpha i)^2}\left(\eta + \frac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)v^2\right]i^2$$

$$\text{(II)}\ E = \left[\frac{AB}{1+\alpha i}\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)v - \rho v - kB^2\left(\eta + \frac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)v^2\right]i$$

relations fondamentales qui nous serviront de point de départ pour tous les calculs ultérieurs.

Pour les rendre un peu plus claires et plus commodes, nous remplacerons les constantes qu'elles renferment par d'autres constantes, dépendant des premières, et nous poserons

$$(30)\quad \begin{cases} a = \dfrac{1}{\alpha}, & b = \dfrac{1}{\beta}, \\ p = \dfrac{hAB}{\alpha}, & q = \dfrac{kABC}{\alpha\beta}, \\ l = \dfrac{A}{B\alpha}, & \sigma = kB^2\eta, \quad \lambda = \dfrac{kB^2C\varepsilon'}{\beta} \end{cases}$$

les équations prennent la forme

$$(\text{I}_a)\ T = -\left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)v + \left(\frac{l}{a+i}\right)^2\left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i^2$$

$$(\text{II}_a)\ E = \left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)v - \rho v - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i$$

§ 12. *Détermination de l'intensité du courant fourni par la machine quand aucune force électromotrice étrangère n'agit sur le circuit.*

Quand le conducteur extérieur, qui complète le circuit formé par les conducteurs de la machine elle-même, ne renferme pas d'autre force électromotrice, et que la force E induite dans la spirale mobile agit seule, on peut, R étant la résistance totale, former l'équation

$$E = Ri$$

de la loi de Ohm; l'équation (II_a) donne alors

$$(31)\quad Ri = \left[\frac{1}{a+i}\left(p+\frac{q}{b+i}\right)v - \rho v - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i$$

Supprimant le facteur commun i, et faisant passer dans le premier membre les termes qui n'ont pas de dénominateur, il vient

$$R + \rho v + \sigma v^2 = \frac{1}{a+i}\left(p+\frac{q}{b+i}\right)v - \frac{\lambda}{b+i}v^2$$

que l'on peut écrire

$$(32)\quad 1 = \frac{1}{a+i}\left(p+\frac{q}{b+i}\right)\frac{v}{R+\rho v+\sigma v^2} - \frac{\lambda}{b+i}\cdot\frac{v^2}{R+\rho v+\sigma v^2}$$

ou en posant, pour abréger,

$$(33)\qquad w = \frac{v}{R+\rho v+\sigma v^2}$$

$$(34)\qquad 1 = \frac{1}{a+i}\left(p+\frac{q}{b+i}\right)w - \frac{\lambda}{b+i}\,v\,w$$

On peut tirer de cette équation l'intensité i du courant donné par la machine. Multiplions par $a+i$ et par $b+i$ et ordonnons par rapport à i, nous obtenons

$$(35)\quad i^2-(pw-\lambda vw-a-b)i-(pb+q)w+\lambda avw+ab=o$$

équation du second degré dont la résolution donne

$$(36)\quad i=\frac{1}{2}(pw-\lambda vw-a-b)$$

$$\pm\frac{1}{2}\sqrt{(pw-\lambda vw-a-b)^2+4(pb+q)w-4\lambda avw-4ab}$$

On doit prendre le signe positif du radical; le signe négatif conduirait pour toutes valeurs de v à des valeurs négatives de i, ce qui est en désaccord avec la signifiation de i dans cette équation. Nous sommes partis en effet de l'équation (34) où i ne paraît qu'au dénominateur, et représente la valeur absolue de l'intensité, c'est-à-dire une grandeur essentiellement positive. En affectant le radical du signe + on obtient pour i des valeurs positives et acceptables pour toutes les valeurs un peu grandes de v; et ce n'est que quand v tombe au-dessous d'une certaine valeur assez petite, que i peut devenir négatif. Nous laisserons ce dernier cas de côté pour le moment, quitte à y revenir un peu plus loin.

L'équation précédente peut aussi se mettre sous la forme

$$(37)\quad i=\frac{1}{2}(pw-\lambda vw-a-b)$$

$$+\frac{1}{2}\sqrt{(pw-\lambda vw+a-b)^2+4(q-pa+pb)w}$$

Pour la simplifier nous poserons encore

$$(38) \qquad w' = w\left(1 - \frac{\lambda}{p} v\right) = \frac{v - \frac{\lambda}{p} v^2}{R + \rho v + \sigma v^2}$$

$$(39) \qquad c = q - pa + pb$$

ce qui lui donne la forme simple

$$(40) \quad i = \frac{1}{2}(pw' - a - b) + \frac{1}{2}\sqrt{(pw' + a - b)^2 + 4cw}$$

Pour en déduire comment i se comporte, nous pouvons raisonner de la manière suivante. La constante c (39) peut, suivant la construction de la machine, être positive, négative ou même nulle. Dans ce dernier cas, l'équation se simplifie beaucoup et se réduit à

$$(41) \qquad i = pw' - b$$

Si l'on trace une courbe en prenant w' comme abscisse et i comme ordonnée, on obtient alors une ligne droite qui coupe l'axe des abscisses en un point $w' = \frac{b}{p}$, et qui s'élève du côté des abscisses positives sous un angle dont la tangente est p.

Si c n'est pas nul, on obtient en exprimant w en w' et par conséquent en considérant i comme en fonction de w' seul, une courbe qui s'éloigne d'autant plus de la droite ci-dessus, que c a une valeur absolue plus grande. Cette courbe coupe l'axe des abscisses en un autre point et sa concavité est tournée dans un sens ou dans l'autre sui-

vant que c est positif ou négatif. La courbure n'est d'ailleurs jamais considérable, et diminue quand w' augmente.

Si l'on veut avoir l'intensité du courant en fonction du nombre des tours v, il faudra remplacer w et w' par leurs valeurs (33) et (38). Nous devons remarquer alors que ces expressions renferment R au dénominateur, montrant ainsi comment l'intensité dépend de la résistance du circuit, et que, par suite des termes affectés des facteurs ρ, σ, et λ elles croissent plus lentement que v, surtout lorsque cette dernière quantité prend une valeur un peu considérable.

§ 13. *Mise en marche de la machine.*

Nous avons remarqué dans le dernier paragraphe que l'équation (36) même en employant le signe $+$ au radical, et par suite aussi l'équation (40), donnent pour de petites valeurs de v des valeurs négatives et inadmissibles de i. Mais nous ne devons pas en conclure que l'équation fondamentale (II_a) d'où nous sommes partis donne des résultats inadmissibles lorsque la vitesse de rotation est petite. Nous devons remarquer au contraire que nous avons obtenu d'abord l'équation (31), et que ce n'est qu'à la suite d'une division par i que nous sommes arrivés à l'équation du second degré (35), dont (36) est la solution. Si nous n'avions pas effectué cette division, nous serions arrivés à une équation du 3e degré, admettant outre les racines de (36) une troisième racine $i = 0$. Cette valeur nulle de i doit donc être aussi considérée comme une valeur résultant de l'équation fondamentale et c'est celle que nous devons employer dans l'intervalle où les deux autres racines sont inadmissibles.

Si donc nous admettons l'exactitude absolue de l'équa-

tion fondamentale (II_a) nous arriverons aux résultats suivants. Pour de petites vitesses, la machine ne donne pas de courant, mais ce n'est qu'à partir d'une certaine vitesse qu'elle commence à agir; et à partir de ce moment l'accroissement de l'intensité du courant est immédiatement dans un rapport fini avec l'accroissement de la vitesse. Cette conclusion est d'accord avec l'expérience; tellement que l'on a donné un nom particulier à l'intervalle par lequel la machine n'agit pas : on donne le nom de *tours morts* à un certain nombre des premiers tours de la machine.

Mais on ne peut pas en toute rigueur employer l'équation (II_a) pour les petites vitesses; il faut, au moins pour les vitesses auxquelles correspond d'après (II_a) une intensité nulle, tenir compte du magnétisme rémament que nous avons signalé au § 7 et qui résulte des aimantations précédentes du fer de l'électro-aimant.

En calculant nos équations fondamentales ci-dessus, nous avons déterminé le moment magnétique de l'électro-aimant fixe par la formule

$$M = \frac{Ai}{1 + \alpha i}$$

d'après laquelle M est petit lorsque i est petit, et qui donne $M = 0$ pour $i = 0$. Mais s'il existe un certain magnétisme dans le fer avant l'action du courant, il faut nécessairement en tenir compte dans le calcul du magnétisme qui se développe en présence d'un faible courant. Il serait difficile d'établir la marche à suivre pour obtenir une grande exactitude, mais nous n'en avons pas besoin et nous pouvons nous contenter d'un calcul approximatif. Soit pour cela μ le moment, supposé petit, du magnétisme

rémanent; nous calculerons d'abord la valeur i_1 de i, pour laquelle l'expression ci-dessus donne $M = \mu$. On a

$$\mu = \frac{Ai_1}{1 + \alpha i_1}$$

d'où

$$i_1 = \frac{\mu}{A - \alpha\mu} \tag{42}$$

Nous admettrons ensuite que pour toutes les valeurs de i qui sont inférieures à i_1 c'est l'équation

$$M = \mu$$

et pour toutes les valeurs de i qui sont plus grandes que i_1 l'équation

$$M = \frac{Ai}{1 + \alpha i}$$

que l'on doit employer pour déterminer le moment magnétique M. Nous avons dès lors ce qu'il nous faut pour déterminer le courant pendant la mise en marche de la machine. Nous devons d'abord considérer celle-ci comme une machine *magnéto-électrique* dont l'aimant fixe a ce petit moment μ. Cette machine fonctionne aussi pour de petites vitesses et donne un courant qui croît en même temps que la vitesse, mais qui croît très lentement en raison de la petitesse de μ. Quand la vitesse est suffisante pour que l'intensité prenne la valeur i_1, la machine fonctionnant comme machine *dynamo-électrique*, où l'électro-aimant fixe a aussi le moment μ, donne un courant de même intensité. A partir de cet instant, nous pouvons nous

servir de l'équation (II_a) calculée pour une machine dynamo-électrique.

Reste à savoir quelle est la grandeur de la vitesse pour laquelle la machine fonctionnant comme dynamo-électrique donne la même intensité i_1 qu'une machine magnéto-électrique. Pour trouver cette valeur de v que nous appellerons v_1 nous n'avons qu'à remplacer i par i_1 dans l'équation (40). Nous désignerons en même temps par w_1 et $w_1{}'$ les valeurs correspondantes de w et w'. Nous trouvons ainsi :

$$i_1 = \frac{1}{2}(pw'_1 - a - b) + \frac{1}{2}\sqrt{(pw'_1 + a - b)^2 + 4\,cw_1}$$

d'où résulte

$$(43) \qquad (a + i_1)\,pw'_1 + cw_1 = (a + i_1)\,(b + i_1)$$

où il faut remplacer $w_1{}'$ et w_1 par leurs valeurs (33) et (38)

$$w_1 = \frac{v_1}{R + \rho v_1 + \sigma v_1^2} \qquad w'_1 = \frac{v_1 - \frac{\lambda}{p}\,v_1^2}{R + \rho v_1 + \sigma v_1^2}$$

pour pouvoir déterminer v_1.

Nous nous bornerons à un calcul approximatif. Les termes affectés des facteurs très petits λ et σ ne deviennent un peu considérables que pour les grandes vitesses. Dans le cas que nous considérons nous pouvons sans hésitation les négliger. Alors nous posons

$$w'_1 = w_1 = \frac{v_1}{R + \rho v_1}$$

qui donne d'abord

$$\frac{v_1}{R + \rho v_1} = \frac{(a + i_1)(b + i_1)}{p(a + i_1) + c}$$

puis

$$(44) \qquad v_1 = \frac{(a + i_1)(b + i_1) R}{p(a + i_1) + c - (a + i_1)(b + i_1)\rho}$$

Dans les cas habituels de la pratique on peut pousser la simplification plus loin encore. En raison de la petitesse du moment μ du magnétisme rémanent, l'intensité i_1 est très faible par rapport à l'intensité du courant produit par la machine en pleine marche, et l'on néglige, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les courants qui circulent aux petites vitesses et qui croissent très lentement jusqu'à l'intensité i_1. On admet que la production du courant ne commence que pour une certaine vitesse de rotation. Dans cette manière de considérer les choses, il faut donner à la vitesse en question la valeur v_0 qu'elle prend quand μ et i_1 tendent vers O. L'équation ci-dessus donne alors

$$(45) \qquad v_0 = \frac{ab R}{pa + c - ab\rho}$$

ce qui peut s'écrire en tenant compte de (39)

$$(46) \qquad v_0 = \frac{ab R}{pb + q - ab\rho}$$

v_0 ainsi déterminé représente le nombre de ce qu'on appelle les tours morts.

Je me réserve d'appliquer, dans un prochain mémoire, les équations fondamentales que j'ai établies dans ce travail, à l'étude de quelques autres questions. J'examinerai, en particulier, celles qui sont relatives au transport de la force par les machines dynamo-électriques.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

V. MEYER et A. JANNY. ACÉTOXIME ET COMPOSÉS ISONITROSÉS. (*Berichte*, XVI, p. 167 et 170. Zurich.)

Ceresole et V. Meyer ont montré[1] que la constitution du groupe isonitrosé devait être $=C=N-OH$ ou

$$=C\begin{array}{c} / \ NH \ \backslash \\ \backslash \ O \ / \end{array}$$

à l'exclusion de

$$C\begin{array}{l} / H \\ \\ \backslash NO \end{array}=$$

Janny prouve maintenant que l'acétoxime a pour formule

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ C=N-OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

en effet, l'acétoxime est décomposé par les acides en acétone et hydroxylamine, et la benzylacétoxime donne de l'acétone et la benzylhydroxylamine; celle-ci doit avoir pour formule

$$N\begin{array}{l} /\!/ H_2 \\ \\ \backslash O-C_7H_7 \end{array} \quad \text{ou} \quad N\begin{array}{l} / C_7H_7 \\ -H \\ \backslash OH \end{array}$$

en la réduisant on doit obtenir ou NH_3 et de l'alcool benzylique, ou de la benzylamine. L'expérience a décidé en faveur de la première hypothèse;

[1] *Archives*, X, p. 179. *Berichte*, XV, p. 3067.

en réduisant avec l'acide iodhydrique, on obtient de l'ammoniaque et du iodure de benzyl. La benzylacétoxime a donc pour formule $(CH_3)_2 = C = N\text{-}O—C_7H_7$ et dans les corps isonitrosés il faut admettre le groupe $= N—OH$.

C. Schramm. Acides acétoximiques. (*Berichte*, XVI, p. 180. Zurich.)

L'auteur, en traitant l'isonitrosoéthylacétone par l'hydroxylamine ou son chlorhydrate, obtient l'acide méthylpropylacétoximique, aiguilles fusibles à 170°

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CNOH \\ | \\ CNOH \\ | \\ C_2H_5 \end{array}$$

et en traitant de même l'isonitrosobenzylacétone, il obtient l'acide méthylbenzylacétoximique sous forme d'aiguilles, fusibles à 180°,5, ces acides subliment avant de fondre; ils sont remarquables par leur indifférence vis-à-vis des bases et en ce que les homologues supérieurs de l'acide acétoximique ne donnent pas plus que les isonitrosokétones des sels d'argent, ce qui s'explique par la substitution d'un radical à un hydrogène; ce n'est pas, dans ces sels, l'H de l'hydroxyle qui est remplacé par le métal, mais l'H combiné directement avec le carbone.

CH_3	CH_2	CH_3	CH_3
|	|	|	|
CO	$C{=}NOH$	CO	$C{=}NOH$
|	|	|	|
$C{=}NOH$	$C{=}NOH$	$C{=}NOH$	$C{=}NOH$
\	\	|	|
H	H	CH_3	CH_3
Isonitrosocétone	Acide diméthylacétoximique	Isonitrosométhylacétone	Acide méthyléthylacétoximique
donnent un sel d'argent.		ne donnent pas de sel d'argent.	

M.-C. TRAUB. ACTION DE L'ANHYDRIDE PHTALIQUE SUR LA CHINOLINE. (*Berichte*, XVI, p. 297. Berne.)

En versant de la chinoline sur de l'anhydride phtalique, on obtient au bout d'un certain temps et même sans chauffer, une masse demi-solide qui, après l'extraction de la chinoline en excès, est cristallisée dans l'acide acétique glacial. La réaction est facilitée par l'adjonction des substances avides d'eau (chlorure de zinc). Le produit forme de petites aiguilles jaunes que l'auteur appelle chinophtalon et qui a pour formule $C_{17}H_9NO_2$, il n'est bien soluble que dans le benzol, l'acide acétique et l'acide sulfurique concentré; il fond à 235° et sublime; fondu avec de la potasse, on obtient de la chinoline et de l'acide benzoïque; chauffé avec de l'acide sulfurique, il se forme des acides sulfoconjugués.

E. SCHULZE et E. BOSSHARD. GLUTAMINE. (*Berichte*, XVI, p. 312. Zurich.)

Les auteurs ont réussi à isoler de la glutamine de l'extrait de betteraves en précipitant d'abord par l'acétate de plomb, puis le liquide filtré par le sulfure de mercure, décomposant par l'hydrogène sulfuré et évaporant la dissolution ammoniacale. On obtient des aiguilles bien solubles dans l'eau chaude, et ayant la formule $C_5H_{10}N_2O_3$ donnant une combinaison avec l'oxyde de cuivre hydraté. En cuisant la glutamine avec de l'hydrate de baryte ou un acide, on obtient l'acide glutamique $C_5H_9NO_4$, réaction analogue à celle de l'asparagine. On peut donc la considérer comme une combinaison analogue et lui donner comme formule $C_3H_5(NH_2)<\begin{matrix}CONH_2\\COOH\end{matrix}$. Le rendement en glutamine varie entre 0,7-0,9 gr. par litre d'extrait de betteraves.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

NOVEMBRE 1883

Le 3, à 5 h. $^1/_4$ du soir quelques gouttes de pluie.
4, brouillard jusqu'à 4 h. du soir.
7, fort vent du S. dans la nuit et le matin ; à 8 h. du matin faible arc-en-ciel au NO.
10, vers 6 h. du soir éclairs et tonnerres au S.
11, faible gelée blanche le matin.
14, forte gelée blanche le matin ; brouillard de 8 h. à 10 h. du matin.
16, très faible gelée blanche le matin ; brouillard de 8 h. à 10 h. du soir.
17, gelée blanche le matin ; brouillard dans la journée.
19, forte gelée blanche le matin ; arc-en-ciel à 3 h. $^1/_2$ du soir.
20, brouillard à 10 h. du soir.
21, brouillard à 8 h. du matin et 6 h. du soir.
22, forte gelée blanche le matin ; brouillard toute la journée.
23, très faible gelée blanche le matin.
24, très forte gelée blanche le matin.
25, id. ; halo solaire à midi.
27, brouillard le matin.
29, brouillard tout le jour.
30, brouillard presque tout le jour.

Depuis le 28 on remarque le matin et le soir de superbes aurores ; elles doivent très probablement être attribuées à des particules cosmiques en dehors de notre atmosphère. On les signale dans toutes les parties du globe.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1er à 10 h. matin	733,41
9 à 8 h. matin	729,07
11 à 10 h. soir	728,49
14 à 8 h. matin	728,73
20 à 10 h. soir	737,04
23 à 10 h soir	728,76
28 à 10 h. soir	737,81

MINIMUM.

	mm
Le 6 à 10 h. soir	717,74
10 à 4 h. soir	721,63
12 à midi	720,42
16 à 2 h. soir	726,09
23 à midi	725,50
26 à 2 h. soir	717,25
30 à 6 h. soir	734,75

GENEVE. — NOVEMBRE 1883

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	732,91	+ 6,75	+ 7,06	+ 0,09	+ 5,6	+ 9,2	6,90	+0,54	894	+ 60	720	950	...	...	variable	1,00	+11,4	— 0,3	137,3
2	730,70	+ 4,54	+ 6,69	— 0,10	+ 5,0	+ 9,0	7,03	+0,74	939	+105	860	990	...	...	variable	1,00	11,4	— 0,1	136,0
3	729,74	+ 3,59	+ 8,07	+ 1,46	+ 5,6	+11,7	7,73	+1,51	932	+ 97	840	990	...	...	SSE. 1	0,98	11,4	0,0	137,0
4	728,37	+ 2,21	+ 8,97	+ 2,53	+ 7,1	+11,1	8,29	+2,15	946	+111	880	1000	0,9	1	SSO. 1	0,90	...	.....	140,0
5	723,18	— 2,98	+ 9,01	+ 2,75	+ 6,7	+13,7	6,77	+0,70	815	— 21	630	1000	0,9	1	SSO. 1	0,80	11,3	+ 0,2	137,6
6	719,05	— 7,11	+10,42	+ 4,33	+ 6,5	+13,6	6,91	+0,91	726	—110	610	760	1,1	4	SSO. 1	1,00	10,7	— 0,3	138,5
7	719,40	— 6,77	+13,39	+ 7,47	+10,3	+15,6	8,87	+2,94	789	— 48	680	940	6,4	5	SSO. 1	0,99	9,8	— 1,1	140,0
8	723,58	— 2,60	+ 8,98	+ 3,24	+ 6,9	+12,0	7,25	+1,39	862	+ 25	770	880	2,9	9	SSO. 1	0,98	8,4	— 2,3	138,7
9	728,17	+ 1,98	+ 6,78	+ 1,21	+ 2,2	+11,1	6,11	+0,32	821	— 17	670	940	0,2	1	SSO. 1	0,76	7,5	— 3,1	144,9
10	723,87	— 2,33	+ 8,44	+ 3,04	+ 4,9	+13,2	6,28	+0,56	776	— 62	590	960	5,6	6	SSO. 2	0,92	6,8	— 3,7	135,5
11	727,80	+ 1,59	+ 3,71	— 1,53	+ 0,8	+ 8,0	3,89	—1,76	667	—172	470	850	...	...	SSO. 1	0,58	...	.....	134,0
12	721,02	— 5,20	+ 7,59	+ 2,52	+ 2,6	+11,1	6,91	+1,32	867	+ 28	700	990	5,7	7	S. 1	1,00	7,8	— 2,4	142,8
13	723,52	— 2,72	+ 4,80	— 0,11	+ 2,1	+ 8,1	4,42	—1,10	696	—144	550	920	2,5	3	NNE. 1	0,37	7,7	— 2,4	145,3
14	728,47	+ 2,22	+ 3,38	— 1,36	— 0,8	+ 7,2	4,01	—1,45	733	—107	560	950	...	...	NNE. 1	0,57	6,4	— 3,6	146,8
15	727,16	+ 0,89	+ 3,01	— 1,57	+ 0,9	+ 7,5	4,05	—1,35	723	—118	570	850	...	...	S. 1	0,76	7,5	— 2,3	145,3
16	726,91	+ 0,62	+ 1,78	— 2,64	— 1,3	+ 7,4	3,90	—1,44	763	— 78	550	920	...	...	variable	0,39	6,9	— 2,8	142,0
17	728,15	+ 1,84	+ 2,67	— 1,59	— 1,7	+ 6,7	4,57	—0,71	815	— 27	660	950	...	...	variable	0,89	7,5	— 2,1	139,3
18	728,75	+ 2,41	+ 4,59	+ 0,49	+ 1,0	+ 8,1	5,55	+0,33	864	+ 22	630	950	2,6	3	variable	0,89	...	.....	139,0
19	731,55	+ 5,19	+ 5,55	+ 1,60	+ 0,6	+10,4	5,91	+0,75	856	+ 13	700	980	1,1	3	variable	0,82	9,3	0,0	137,0
20	734,73	+ 8,34	+ 6,69	+ 2,90	+ 2,9	+13,7	5,64	+0,54	785	— 58	560	890	...	...	SO. 1	0,41	9,5	+ 0,3	138,8
21	735,06	+ 8,65	+ 5,50	+ 1,86	+ 1,8	+13,1	4,55	—0,50	697	—147	300	930	...	...	SSO. 1	0,26	9,5	+ 0,4	138,5
22	732,74	+ 6,30	+ 3,30	— 0,19	— 0,7	+ 8,5	5,19	+0,20	886	+ 41	690	1000	...	...	S. 1	0,91	9,2	+ 0,2	133,7
23	726,39	— 0,08	+ 4,63	+ 1,29	+ 1,9	+11,0	4,63	—0,31	739	—106	540	890	8,3	9	SSO. 1	0,79	9,4	+ 0,6	131,8
24	727,62	+ 1,12	+ 2,04	— 1,16	— 0,6	+ 8,5	4,63	—0,26	875	+ 29	640	990	...	...	OSO. 1	0,29	8,1	— 0,6	126,0
25	723,47	— 3,06	+ 2,71	— 0,35	— 3,2	+ 8,9	4,00	—0,84	719	—128	560	990	...	...	S. 1	0,50	...	.....	125,0
26	718,61	— 7,96	+ 6,52	+ 3,60	+ 4,9	+ 8,5	6,54	+1,75	882	+ 35	650	1000	21,4	13	variable	1,00	8,3	— 0,2	125,6
27	728,16	+ 1,56	+ 6,10	+ 3,32	+ 4,8	+ 9,0	5,87	+1,12	845	— 3	600	1000	1,5	3	NE. 1	0,60	8,3	— 0,1	125,3
28	736,19	+ 9,55	+ 5,78	+ 3,14	+ 3,4	+ 8,7	5,72	+1,02	834	— 14	730	890	...	...	NNE. 1	0,96	8,4	+ 0,1	125,0
29	737,30	+10,63	+ 4,96	+ 2,45	+ 4,0	+ 6,8	5,24	+0,58	825	— 24	740	890	...	...	E. 1	1,00	8,4	+ 0,2	126,0
30	736,32	+ 9,61	+ 1,07	— 1,31	— 0,6	+ 4,5	4,79	+0,17	952	+102	890	1000	...	...	SE. 1	0,89	8,0	— 0,1	125,8

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,01	726,32	726,41	725,91	725,29	725,11	725,43	725,98	726,12
2e »	727,38	727,77	728,03	727,64	727,38	727,61	728,02	728,37	728,42
3e »	730,16	730,40	730,53	730,06	729,62	729,71	730,01	730,39	730,53
Mois	727,85	728,16	728,32	727,87	727,43	727,48	727,82	728,25	728,36
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 7,53	+ 8,04	+ 9,63	+10,82	+10,68	+ 9,94	+ 9,23	+ 8,55	+ 8,48
2e »	+ 2,20	+ 2,56	+ 5,83	+ 7,17	+ 7,32	+ 6,54	+ 5,12	+ 4,04	+ 3,89
3e »	+ 2,60	+ 2,55	+ 5,32	+ 6,55	+ 7,14	+ 5,86	+ 4,82	+ 4,20	+ 3,85
Mois	+ 4,11	+ 4,38	+ 6,93	+ 8,18	+ 8,38	+ 7,45	+ 6,39	+ 5,60	+ 5,40
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	7,13	7,15	7,22	7,21	7,27	7,35	7,37	7,24	7,24
2e »	4,86	4,85	5,04	5,16	5,01	4,84	4,92	4,78	4,77
3e »	4,75	5,00	5,09	5,41	5,01	5,28	5,41	5,27	5,10
Mois	5,58	5,67	5,78	5,93	5,76	5,82	5,90	5,76	5,70
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	913	898	809	752	762	806	848	862	865
2e »	890	871	719	670	641	653	735	776	815
3e »	865	899	770	747	670	762	841	853	844
Mois	889	889	766	723	691	740	808	830	841

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 6,08	+ 12,02	0,93	+ 9,86	18,0	138,55
2e »	+ 0,71	+ 8,82	0,67	+ 7,82	11,9	141,03
3e »	+ 1,57	+ 8,75	0,72	+ 8,62	31,2	128,27
Mois	+ 2,79	+ 9,86	0,77	+ 8,80	61,1	135,95

Dans ce mois, l'air a été calme 3,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,43 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 5°,3 O. et son intensité est égale à 31,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1883.

Le 5, neige le matin par une assez forte bise.
6, neige dans la journée; assez fort vent l'après-midi.
7, id.
8, brouillard à midi et à 10 h. du soir; neige par une forte bise l'après-midi.
10, neige depuis 10 h. du matin; la majeure partie est emportée par le vent.
11, brouillard le matin; forte bise jusqu'à 6 h. du soir,
12, neige par un fort vent toute la journée.
13, neige le matin; brouillard l'après midi; forte bise jusqu'à 6 h. du soir.
16, brouillard le matin.
18, neige de midi à 2 h. du soir; assez fort vent l'après-midi.
20, forte bise tout le jour; neige de 6 h. à 8 h. du matin; brouillard depuis 10 h. du matin à 2 h. du soir.
22, vers 3 h. $^1/_4$ tonnerres à l'O.
23, neige par un fort vent l'après-midi.
26, neige par un fort vent depuis 10 h. du matin.
27, neige à 6 h. du matin, puis brouillard continu; forte bise tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 8 h. matin	569,47	Le 6 à 8 h. soir	558,76
9 à 10 h. soir	563,57	10 à 8 h. soir	556,96
11 à 10 h. soir	559,82	13 à 8 h. matin	556,25
14 à 10 h. soir	561,20	16 à 2 h. soir	559,62
21 à 6 h. et 10 h. matin	568,00	24 à 4 h. soir	560,54
25 à 10 h. matin	561,62	26 à 10 h. soir	558,27
29 à 10 h. matin	571,60	30 à 10 h. soir	569,41

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	569,16	+ 5,86	568,97	569,47	— 0,05	+ 3,11	— 1,5	+ 3,5	.....	.....	....	variable	0,02
2	567,38	+ 4,15	566,84	568,02	— 0,56	+ 2,74	— 2,1	+ 1,9	.....	.....	....	SO. 1	0,00
3	566,54	+ 3,38	566,12	567,09	— 0,51	+ 2,93	— 2,4	+ 2,3	.....	.....	....	SO. 1	0,46
4	565,05	+ 1,95	563,04	566,52	— 0,83	+ 2,75	— 2,6	+ 1,2	.....	.....	....	SO. 1	0,50
5	559,64	— 3,40	559,30	560,14	— 3,34	+ 0,38	— 5,3	— 1,0	20	1,9	....	NE. 1	0,56
6	559,01	— 3,97	558,76	559,53	— 0,23	+ 3,63	— 1,1	+ 1,4	40	3,1	....	variable	0,94
7	560,11	— 2,81	558,85	561,06	+ 0,56	+ 4,55	— 0,3	+ 2,5	170	10,7	....	variable	0,92
8	560,69	— 2,17	559,92	561,26	— 2,73	+ 1,39	— 6,4	— 0,2	200	12,5	....	variable	0,87
9	562,96	+ 0,16	561,76	563,57	— 6,04	— 1,79	— 9,3	— 3,0	.....	.....	....	NE 1	0,30
10	560,27	— 2,48	556,96	563,11	— 4,83	— 0,45	— 9,6	— 1,9	130	4,9	....	variable	0,90
11	559,02	— 3,68	557,85	559,82	—11,85	— 7,34	—13,4	— 7,8	.....	.....	....	NE. 2	0,54
12	558,03	— 4,62	557,85	558,41	— 3,80	+ 0,85	— 5,8	— 1,6	470	30,1	....	SO. 2	1,00
13	557,08	— 5,52	556,25	558,33	— 9,42	— 4,64	—11,9	— 6,7	420	23,0	....	NE. 2	0,86
14	560,44	— 2,11	559,16	561,20	—11,91	— 7,01	—14,8	—10,4	.....	.....	....	NE. 1	0,14
15	560,30	— 2,20	560,07	560,85	—10,18	— 5,16	—11,7	— 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0,17
16	560,74	— 1,72	559,62	561,64	—11,13	— 5,99	—11,8	—10,2	.....	.....	....	variable	0,64
17	562,20	— 0,22	561,44	563,25	— 8,93	— 3,67	—12,3	— 5,5	.....	.....	....	variable	0,70
18	563,64	+ 1,26	563,32	564,45	— 5,11	+ 0,27	— 6,8	— 2,0	60	2,9	....	SO. 1	0,84
19	566,70	+ 4,36	566,04	567,04	— 2,73	+ 2,76	— 4,5	+ 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,37
20	566,75	+ 4,45	565,52	567,90	— 7,96	— 2,36	— 9,7	— 6,3	110	4,2	....	NE. 2	0,66
21	567,59	+ 5,33	567,26	568,00	— 7,30	— 1,59	—11,8	— 3,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
22	566,42	+ 4,19	565,91	567,23	— 6,24	— 0,42	— 7,3	— 4,2	.....	.....	....	SO. 1	0,47
23	561,95	— 0,24	560,93	563,83	— 6,94	— 1,01	— 8,5	— 5,0	220	10,7	....	SO. 2	0,72
24	560,89	— 1,26	560,54	561,53	— 8,41	— 2,38	—11,2	— 6,3	.....	.....	....	NE. 1	0,29
25	561,19	— 0,93	560,96	561,62	— 5,41	+ 0,72	— 6,5	— 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,24
26	559,10	— 2,99	558,27	560,24	— 6,77	— 0,54	— 7,9	— 4,8	130	5,3	....	SO. 2	0,90
27	562,35	+ 0,29	559,52	565,41	— 6,72	— 0,39	— 7,3	— 5,5	140	11,2	....	NE. 2	1,00
28	569,76	+ 7,73	567,63	571,01	— 4,41	+ 2,02	— 7,0	— 3,1	.....	.....	....	NE. 1	0,06
29	571,15	+ 9,15	570,85	571,60	— 0,31	+ 6,22	— 1,9	+ 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,08
30	570,57	+ 8,60	569,41	571,33	+ 0,22	+ 6,85	— 1,6	+ 3,1	.....	.....	....	NE. 1	0,01

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,37	563,55	563,44	563,25	562,99	562,92	562,88	562,72	562,82
2e »	560,89	561,11	561,48	561,35	561,25	561,59	561,79	561,98	562,19
3e »	565,00	565,26	565,44	565,14	564,87	564,88	565,05	565,19	565,27
Mois	563,09	563,31	563,46	563,25	563,04	563,13	563,24	563,30	563,43
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,73	— 2,20	— 0,92	+ 0,16	+ 0,01	— 1,10	— 2,07	— 2,36	— 2,92
2e »	— 8,74	— 8,67	— 7,64	— 6,97	— 6,94	— 7,75	— 8,73	— 8,39	— 8,27
3e »	— 6,43	— 5,83	— 5,09	— 3,50	— 4,18	— 4,49	— 4,65	— 4,90	— 5,37
Mois	— 5,97	— 5,57	— 4,55	— 3,44	— 3,70	— 4,45	— 5,15	— 5,22	— 5,52

	Min observé.	Max observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 4,06	+ 0,67	0,55	33,1	560
2e »	—10,27	— 5,60	0,59	60,2	1060
e »	— 7,10	— 3,05	0,38	27,2	490
Mois	— 7,14	— 2,66	0,51	120,5	2110

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,86 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 41,5 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME DIXIÈME (3me PÉRIODE)

1883. — Nos 7 à 12.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1883, Tomes IX et X (Troisième période).

N

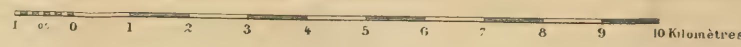
Y

Z


Schmelze
Hammer
Schwendimatte
Rossfluh
Horngraben
hinter Egg
Kittel Horn
Lehn
Schmiedematten
Brunnmatte
Walden
Dürrmühle
Bügacher
Schoren
Wolfensberg
Farnern
Ober Bipp
Rumisberg
Nieder Bipp
Weidli
Dättenbühl
Kammersrohr
Werenbach
Hubersdorf
Wiedlisbach
Attiswyl
Moos
Riselhof
Wallisgwyl
Flumenthal
Wangen
Breite
Wilihof
Unterhof
Bad
Walliswyl
Schachen
Burg
Wangenried
Heimenhausen
Luterbach
Deitingen
Röthenbach
Inkwyl
Subingen
Wanzwyl
Derendingen
Bolken
Etziken
Nieder Oenz
Hüniken
Oekingen
Aeschi
an der Oenz
stetten
Horriwyl
Ober Oenz
Papiermühle
Halten
Burgäschi
Hersiwyl
Gallishof
Bahnhof Herzogenbuchsee
Recherswyl
Heinrichswyl
Seeberg
Steinhof
Winisdorf
Willadingen
Hellsau
Graswyl
Koppigen
Höchstetten
Riedtwyl
Spiegelberg

Extrémité aval du lac de Soleure.

Echelle · 1:100 000



------- Niveau de 450^{m} au dessus de la mer


Terrain glaciaire.

Nuenstein in Zürich

Pl.XIX

Septembre

25 30 1 5 10 15 20 25 30

ature

+20"

Courbes représentant la relation entre le changement d'inclinaison du sol accusé par des niveaux à bulle et la température moyenne de 24 heures par M. PH. PLANTAMOUR

5me ANNÉE

Les températures moyennes sont teintées en rouge

EST

SUD

EST

Décembre · Janvier 1883 · Février · Mars · Avril · Mai · Juin · Juillet · Août · Septembre

